

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Подъемно-транспортные машины и роботы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Г.С. Гришко

«27» июня 2016г

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

23.05.01 - «Наземные транспортно-технологические средства»

код и наименование специальности

Кран мостовой г.п. 30 т

тема проекта

Пояснительная записка

Руководитель

подпись, дата

25.06.16

доцент

должность, ученая степень

А.Ю.Смолин

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

С.Е.Белоруков

инициалы, фамилия

Консультанты
по разделам:

Экономическая часть

наименование раздела

подпись, дата

Е.Е.Качуровская

инициалы, фамилия

Безопасность

и экологичность проекта

наименование раздела

подпись, дата

А.А.Калинин

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Л.Ф.Москвичева

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

| | | | | | | | |
|-----------|------|------------|---------|------|------------------------|------------------|------|
| | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| Разраб. | | Белоруков | | | Кран мостовой г.п. 30т | Лит. | Лист |
| Провер. | | Смолин | | | | | 2 |
| Реценз. | | | | | | | 94 |
| Н. Контр. | | Москвичева | | | | СФУ ПИ ФТ 11-07с | |
| Утверд. | | Гришко | | | | | |

ВВЕДЕНИЕ

Подъемно-транспортные машины и механизмы являются основными средствами механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных работ во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства.

В связи с интенсификацией технологических процессов, доля времени на подъемно-транспортные операции значительно возросла. Резкое повышение производительности труда, которое крайне необходимо во время перехода экономики на новые условия развития и управления, может быть достигнуто путем механизации и автоматизации подъемно-транспортных и установочных операций, которые менее автоматизированы, чем технологические.

В последнее время в крановых механизмах все чаще находят свое применение гидроприводы. Наиболее важным их достоинством является возможность бесступенчатого регулирования скорости, простота регулирования мощности, возможность выполнения механизмов без редукторов и фрикционных тормозов, более высокая мощность при той же массе, по сравнению с другими типами приводов. Преимуществом так же является возможность рационального размещения его элементов, соединенных трубопроводами любой конфигурации, возможность питания нескольких гидромоторов одним насосом и одного гидромотора несколькими насосами.

Насосы и гидромоторы характеризуются простотой регулирования и экономичностью регулирования по давлению и скорости, малой инерционностью вращающихся частей и возможностью дистанционного и автоматического управления.

Основной показатель гидромотора, крутящий момент, почти не зависит от частоты вращения, а является функцией давления и при нулевой скорости гидромотор имеет полный крутящий момент.

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|---|
| Изм. | Кол. | Лис. | №дог. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 4 |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|---|

Наиболее широкое распространение получила схема гидропривода с насосом регулируемой подачи, с открытой или замкнутой циркуляцией жидкости. Эта схема обеспечивает бесступенчатое изменение скорости работы механизма. Так же используются высокооборотные гидромоторы с редукторами, высокомоментные низкооборотные в схемах с непосредственной связью с рабочим органом привода, без редуктора.

В гидроприводах предпочтительно применяют нерегулируемые радиально-поршневые высокомоментные гидромоторы, предназначенные для преобразования энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию вращательного движения выходного вала.

Гидрофицирование мостового крана дает возможность использования широкого диапазона скоростей и регулирования мощности, снижения «забросов» потребляемой энергии энергосети при пусках электродвигателей приводов насосов крана, обеспечивает плавность движения частей крана, снижает эксплуатационные расходы.

Модернизация мостового крана грузоподъемностью 30 тонн будет заключаться в разработке гидравлического привода механизма передвижения крана, что снизит ее потребление и эксплуатационные расходы.

В дипломном проекте проводятся необходимые расчеты и конструктивная компоновка механизмов крана и гидросистемы привода.

Для составления и расчета гидросистемы привода необходимо провести расчет основных энергетических характеристик приводов крана и расчет механизмов крана.

Далее проводится расчет металлоконструкции крана, составляется гидравлическая схема механизма передвижения крана, рассчитывается и выбирается гидроаппаратура. Производится компоновка элементов системы гидрооборудования по элементам крана.

| | |
|---------|---------|
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |
| Дата | Дата |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|---|
| Изм. | Кол. | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 5 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|---|

В данном дипломном проекте стоит задача: «Конструктивная проработка мостового крана грузоподъемностью 30т.», где вместо электропривода механизма подъема груза будет иметь место гидропривод.

| | | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--------------------|---|
| Инв. №под | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | 6 |
| | | | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | | | |
| Взам. инв. | | | | | | | |

1 Назначение и область применения проектируемого крана

Кран мостовой электрический грузоподъемностью 30 т, пролетом 28,5м устанавливается в цехе ОАО «Коршуновский горно-обогатительный комбинат» г. Железногорск-Илимский и предназначен для выполнения подъемно-транспортных операций по транспортировке металлоконструкций, а также при ремонте оборудования в цехе.

По условиям воздействия климатических факторов внешней среды кран должен быть изготовлен в климатическом исполнении "У" категории размещения 3 по ГОСТ 15150, для работы в отапливаемом помещении при температуре окружающего воздуха от минус 40⁰ до плюс 35⁰С.

Кран должен быть оборудован тележкой г.п.30 т.Подъем тележки должен быть оснащен ограничителем грузоподъемности.

Механизм передвижения крана – на 4 ходовых колесах, с двумя приводами.

Кран соответствует требованиям Технического задания, Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов ПБ 10-382-00, Правил устройства электроустановок (ПУЭ), комплекта конструкторской и технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

В конструкции крана предусмотрены:

- устройства для строповки сборочных единиц и возможности переноса крана укрупненными частями с использованием универсальных стропов;
- система лестниц и площадок, необходимых для технического обслуживания и ремонта механизмов и электрооборудования.

Конструкция крана допускает возможность замены подверженных износу деталей без демонтажа основных сборочных единиц, применения при техническом обслуживании и ремонте стандартных инструментов и приспособлений. Конструкция крана обеспечивает максимальнуюгабаритность при перевозке железнодорожным транспортом.

| | | | | |
|-----|------|----------------|------|-----|
| Изм | №под | Подпись и дата | Взам | инв |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|---------|--------------------|---|
| Изм | Кол | Лис | №до | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 7 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

2 Техническая характеристика проектируемого крана

Технические параметры крана приведены в таблице 1.

Таблица 2.1 – Технические параметры крана мостового г.п. 30 т

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|-----------------------|
| Грузоподъемность, т | 30 |
| Пролет крана, м | 28,5 |
| Высота подъема, м | 16 |
| Скорость подъема (опускания), м/с | 0,05 |
| Скорость передвижения, м/с: | |
| Крана | 0,57 |
| Тележки | 0,3 |
| Группа классификации (режим работы крана) по ИСО 4301/1 | M5 |
| Тип подкранового рельса | KP 80 |
| Диаметр ходовых колес крана, мм | 710 |
| Диаметр ходовых колес тележки, мм | 320 |
| Конструктивная масса крана, т | 52,6 |
| Управление краном | Кабина закрытого типа |
| Род тока и напряжение | Трехфазный, 380 В. |
| Частота, Гц | 50 |

| | | | | | |
|------|---|-------|---------|--------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись | и дата | Взам. инв. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|---|
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 8 |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|---|

Кран должен быть оборудован системой блокировок, обеспечивающей:

а) автоматическое отключение механизмов передвижения крана и тележки в крайних положениях;

б) автоматическое отключение механизмов подъема при подходе крюков в крайнее верхнее и крайнее нижнее положения, кроме того, механизмы должны быть оборудованы резервными конечными выключателями крайнего верхнего положения подвесок;

в) автоматическое отключение механизма главного подъема в крайних положениях, соответствующее двум установкам высоты подъема (900 мм и 1000 мм).

г) автоматическое отключение электропитания крана при выходе через люк кабины на настил и при выходе на кран с галереи подкранового пути;

Кран должен быть оборудован:

- системой регулирования скоростей механизма подъема, механизмов передвижения тележки и крана;

- системой контроля усилия подъема 30 т. с выносом показаний на пульт управления;

- ограничителем грузоподъемности подъема 30 т.

Конструкция крана должна обеспечивать выполнение работ, предусмотренных технологическим процессом, безопасность обслуживания, ремонта. При разработке конструкции крана обеспечивается унификация и повторяемость ранее принятых и освоенных конструктивных и технологических решений, с учетом оптимальных затрат на его разработку, минимальных затрат на его эксплуатацию.

Кран соответствует нормам и правилам устройства и безопасности эксплуатации грузоподъемных машин, [1].

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|---|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 9 |
| | | | | | | |

3 Описание и обоснование выбранной конструкции

Конструкция крана и электрооборудование выбраны из условий обеспечения выполнения требований документов, устанавливающих нормы и правила изготовления и эксплуатации.

3.1 Устройство и работа крана и его составных частей

Кран состоит из следующих составных частей: мост крана; механизм передвижения крана; кабина управления; тележка крана.

Мост состоит из двух пролетных и двух концевых балок коробчатого сечения. Соединение балок между собой в жесткую раму в плане производится на монтаже высокопрочными болтами. На пролетные балки установлены подтележечные рельсы типа Р50, по которым перемещается тележка. Крепление рельса осуществляется прижимными планками с помощью болтов.

На мосту крана имеются площадки расположенные в два яруса. Площадки нижнего яруса предназначены для прохода персонала для осмотра и обслуживания механизмов передвижения крана, системы густой смазки, а также для установки и обслуживания электрооборудования. Площадки верхнего яруса сплошные по всему пролету, предназначены для установки на них кабельного токоподвода к тележке крана, а также для обслуживания тележки крана.

Все площадки ограждены трубчатыми перилами. Перила выполнены из отдельных секций, соединение которых на монтаже осуществляется электросваркой с помощью муфт и кронштейнов. На нижнем настиле установлено специальное помещение для электрооборудования крана.

Переход с одной пролетной балки на другую осуществляется по концевым балкам, которые с внешней стороны крана ограждены перилами.

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | №дог. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 10 |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|

Переход с площадок нижнего яруса на верхний и на концевую балку производится по маршевым лестницам.

Механизм передвижения крана выполнен отдельным на четырех ходовых колесах. На кране применены двухребордные ходовые колеса, имеющие реборды для исключения схода колес с рельсов. В зависимости от назначения, ходовые колеса подразделяются на приводные, насаженные на вал со шпонкой и приводимые в движение гидроприводом, и не приводные, колесо которого насажено на ось, вместе с которой вращается. Вал и ось ходовых колес установлены на подшипниках качения, встроенных в буксы, с помощью которых колеса крепятся к балке моста.

Привод колес выполнен с навесными планетарными редукторами (мотор-редукторами). Гидромотор-редуктор, состоящий из планетарного редуктора, гидродвигателя, тормоза крепится к буксе с помощью штифтов-втулок и шпилек.

Гидродвигатель закреплен к редуктору на шпильках соосно отверстию в корпусе. Гидравлическая схема работы изображена на рисунке 3.1.

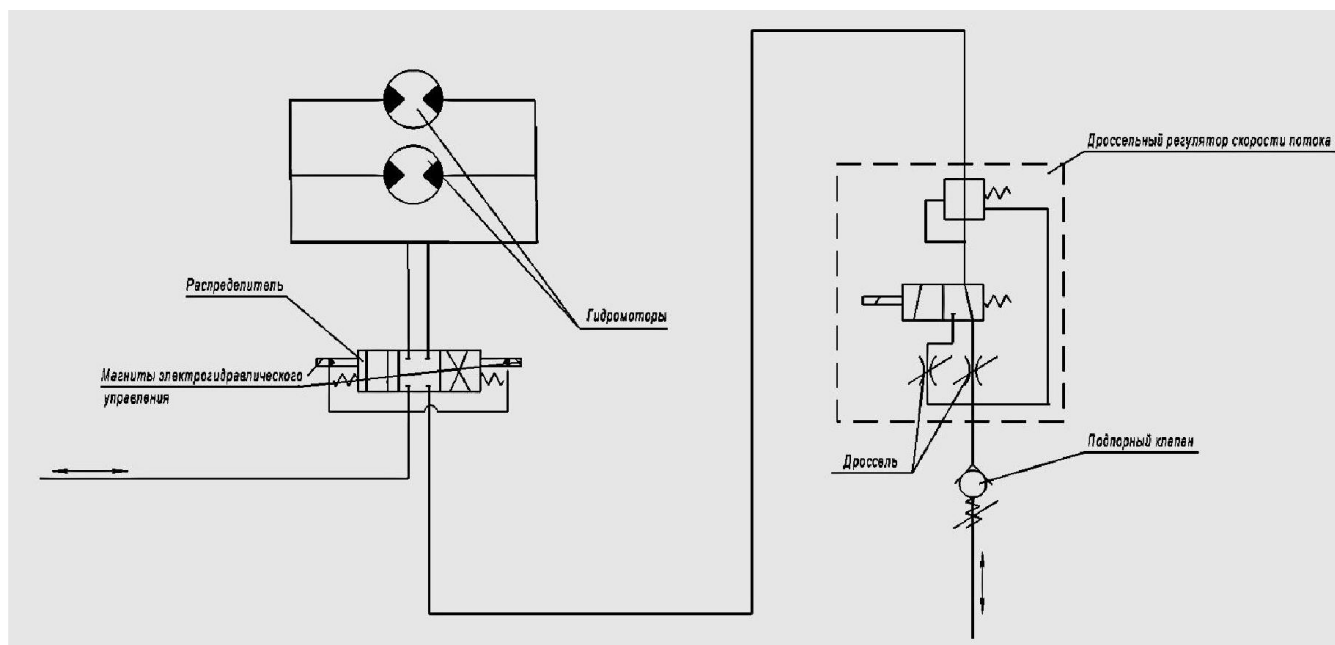


Рисунок 3.1— Гидравлическая схема механизма передвижения крана

Тормоз закреплен на гидромоторе с помощью кронштейнов – двух уголков. Крутящий момент от редуктора к колесу передается зубчатым муфтовым соединением водила тихоходной ступени редуктора к валу колеса с зубчатым венцом. Реактивный момент редуктора воспринимается буксой через втулки-штифты. Фланец короны шпильками и гайками притянут к буксе.

Кабина машиниста крана закрытого типа, с остеклением, предназначена для управления краном. В кабине установлен пульт и аппаратура управления. Вход в кабину осуществляется с посадочной площадки цеха, выход из кабины на мост по лестнице этажа через люк в тележке кабины. С помощью болтового соединения кабина крепится к пролетной балке моста крана.

Тележка мостового крана состоит из сварных конструкций: рамы на которой устанавливаются механизмы. На раме монтируется механизм подъема, механизм передвижения тележки, электрооборудование, гидрооборудование, оборудование смазки. Для удобства и безопасности обслуживания тележка оборудована площадками, перилами и лестницами.

В конструкции крана должны быть использованы составные части и конструктивные решения, примененные на кранах, эксплуатирующихся в аналогичных условиях, и подтвердившие высокие эксплуатационные характеристики и надежность.

При проектировании и изготовлении используются процедуры управления, предусмотренные системой качества ИСО 9001.

Преимущества данного технического предложения заключаются в использовании широкого диапазона скоростей, регулировании мощности, обеспечении плавности движения частей крана и снижении эксплуатационных расходов.

| | | | | | |
|------|---|-------|---------|--------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись | и дата | Взам. инв. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 12 |
| | | | | | | |

3.2 Патентно-информационный анализ

Целью анализа является обобщение и применение опыта накопленного в области конструирования грузоподъемных машин, в приборах безопасности и контроля, а также проверка патентной чистоты дипломной работы. В соответствие с темой дипломного проекта выбираются патенты или авторские свидетельства, подвергающиеся затем всестороннему изучению с целью извлечения идеи и применения в качестве основы проекта. Помимо этого патентный анализ может служить импульсом к разработке или развитию собственного изобретения студента, которая в дальнейшем может вырасти в практически применяемое изделие или узел.

Применительно к выбранной теме диплома (кран мостовой г.п.30т,предназначен для выполнения подъемно-транспортных операций по транспортировке грузов в цехе ОАО «Коршуновский горно-обогатительный комбинат») рассмотрены авторские свидетельства и некоторые конструктивные исполнения применения гидромоторов.

Авторское свидетельство 2011077 заключается в следующем, что, с целью повышения надежности привода путем снижения динамических нагрузок при пуске и торможении, двухпозиционный распределитель выполнен четырехлинейным, при этом второй вход распределителя сообщен с пневмогидроаккумулятором высокого давления через второй обратный клапан, второй выход подключен к трехпозиционному распределителю, а дроссель установлен в сливной гидролинии.

Полезная модель 135635 обеспечивает повышение эффективности работы мостового крана с грузовой тележкой, включающей раму, ведущие и ведомые колеса, механизм передвижения тележки, механизм подъема и опускания груза. Указанный технический результат достигается тем, что грузовая тележка содержит насосную станцию, гидроаппаратуру, гидролинии, а привод ведущих колес механизма передвижения и привод

| | |
|---------|---------|
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|---------|--------------------|----|
| Изм | Кол | Лис | №дог | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 13 |
|-----|-----|-----|------|---------|--------------------|----|

| | | |
|------------|----------------|------------|
| Инв. №под. | Подпись и дата | Взам. инв. |
|------------|----------------|------------|

| | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | |

ДП110-03.480061 ПЗ

| |
|----|
| |
| 14 |

ДП110-03.480061 ПЗ

14

4 Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность крана

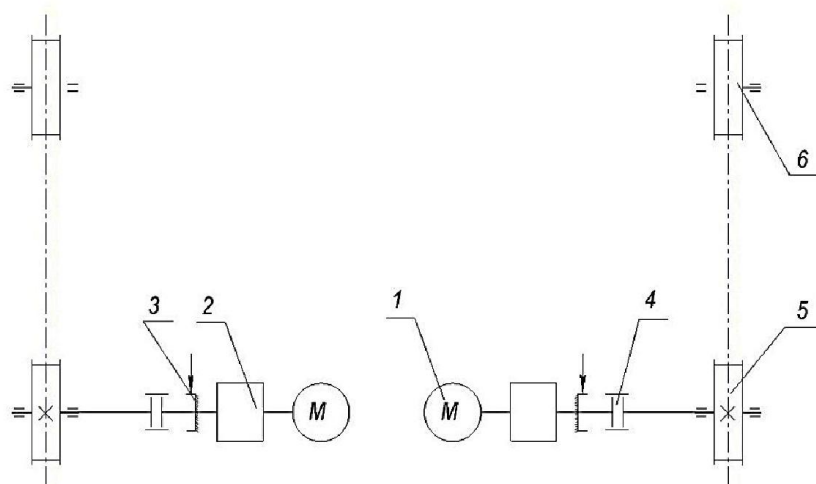
4.1 Расчет механизма передвижения крана

Исходные параметры необходимые для выполнения расчета механизма передвижения крана представлены в таблице 4.1.

Кинематическая схема механизма передвижения крана изображена на рисунке 4.1

Таблица 4.1 – Исходные данные

| Название параметра | Значение |
|--|-----------------|
| Грузоподъемность - Q , т | 30 |
| Пролет крана – L , м | 28,5 |
| Скорость передвижения крана – $V_{\text{пер}}$, м/с | 0,57 |
| Род тока, напряжение, В | Переменный, 380 |



1-гидромотор; 2-планетарный редуктор; 3-тормоз; 4-муфта; 5-приводное колесо; 6-холостое колесо

Рисунок 4.1 – Кинематическая схема механизма передвижения крана

Сопротивление трения скольжения в цапфах колес и трения качения колес о рельс:

$$W_T = 9,81 \cdot (m_{кр} + Q) \cdot f_o, \quad (4.1)$$

где $m_{кр} = 65645$ кг, [4] – масса крана, принимая по справочным данным крана – аналога, с корректировкой на измененные параметры;

Q – масса груза и грузозахватного устройства, соответствующая номинальной грузоподъемности крана, кг;

9.81 – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

f_o – коэффициент сопротивления движению:

$$f_o = \left(\mu \frac{d}{D_K} + \frac{2K}{D_K} \right) \cdot C \quad (4.2)$$

где $\mu = 0,01$ – коэффициент трения качения в цапфах колес, [5];

D_K и d – диаметр колеса и его цапфы, мм;

$K = 2$ м – колея тележки;

$C = 2,3$ – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления в ребордах и ступицах колес при перекосах, [5].

Принимаем $D_K = 710$ мм $\rightarrow \kappa = 0,5$ мм [6].

Крановое двухребордное колесо диаметром $D_K = 710$ мм и шириной катания $B = 150$ мм:

К2Р – 710×150 ГОСТ 3569 – 74;

Диаметр цапфы $d = 101$ мм.

$$f_o = \left(0,01 \cdot \frac{101}{710} + \frac{2 \cdot 0,5}{710} \right) \cdot 2,3 = 0,0065,$$

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | №дог. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 16 |
| | | | | | | |

$$W_T = 9,81 \cdot (65645 + 30000) \cdot 0,0065 = 6098,8 \text{ Н.}$$

Сопротивление, вызванное уклоном пути, (плюс – движение на подъем, минус – движение под уклон):

$$W_{ук} = \pm V \cdot \sin \alpha, \quad (4.3)$$

где V – силы тяжести с учетом его подъемной силы, Н;

α – уклон пути, град; $\sin \alpha \approx 0,002 \div 0,003$ [5].

$$V = 9,81 \cdot (m_{кр} + Q), \quad (4.4)$$

где $m_{кр}$ – то же, что в формуле (4.1);

Q – то же, что в формуле (4.1).

$$V = 9,81 \cdot (65645 + 30000) = 938277,45 \text{ Н},$$

$$W_{ук} = 938277,45 \cdot 0,0025 = 2345,7 \text{ Н.}$$

Сопротивление передвижению крана на прямолинейном рельсовом пути:

$$W_n = W_T + P_{\sigma} + W_{ук}, \quad (4.5)$$

где W_T – сопротивление трения скольжения в цапфах колес и трения качения колес о рельс, Н;

$W_{ук}$ – сопротивление, вызванное уклоном пути, Н;

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 17 |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|----|

$P_{\text{в}}$ – ветровая нагрузка на кран, Н.

$$W_n = 6098,8 + 12600 + 2345,7 = 21044,5 \text{ Н.}$$

Расчет необходимого числа ходовых колес в балансирной тележке:

$$n \geq \frac{P_{\text{max}}}{[P]}, \quad (4.6)$$

где P_{max} – максимальная нагрузка на опору, кН;

$[P]$ – допустимая нагрузка на одно колесо, кН.

Допускаемая нагрузка на одно колесо принимается в пределах $[P] = 200 - 340 \text{ кН}$.

$$P_{\text{max}} = \frac{9,81 \cdot (m_{\text{кр}} + Q) K_{\text{он}}}{n_{\text{он}}}, \quad (4.7)$$

где Q – то же, что в формуле (4.1);

$m_{\text{кр}}$ – то же, что в формуле (4.1);

$K_{\text{он}} = 1,6$ – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки на опоры крана;

$n_{\text{он}} = 4$ – число опор.

$$P_{\text{max}} = \frac{9,81(65645 + 30000) \cdot 1,6}{4} = 375311 \text{ Н,}$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 18 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

$$n \geq \frac{375,3}{200} = 1,87 = 2.$$

Для отсутствия буксования необходимо, чтобы сила сцепления приводных колес с рельсом $F_{сц}$ была больше тягового усилия на их ободе U

$$F_{сц} = \mu_{сц} \cdot P_{np} > U, \quad (4.8)$$

где $\mu_{сц} = 0,13$ – коэффициент сцепления приводных колес с рельсом;

P_{np} – суммарная нагрузка на приводные колеса, Н.

$$P_{np} = \frac{9,81 \cdot (m_{кр} + Q) \cdot m_{нк}}{m_k}, \quad (4.9)$$

где $m_{нк} = 2$ – число приводных колес;

Q – то же, что и в формуле (4.1);

$m_{кр}$ – то же, что в формуле (4.1);

$m_k = 4$ – число ходовых колес.

Суммарная нагрузка на приводные колеса:

$$P_{np} = \frac{9,81 \cdot (65645 + 30000) \cdot 2}{4} = 469138,7 \text{ Н},$$

$$F_{сц} = 0,13 \cdot 469138,7 = 60988 \text{ Н}.$$

Тяговое усилие на ободе приводных колес

$$U = W_m^{нк} + W_{ук} + P_u, \quad (4.10)$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 19 |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|----|

где $W_m^{нк}$ – сопротивление трения в приводных колесах (холостых) колесах;

P_u – сила инерции поступательного движения масс;

$W_{ук}$ – то же, что в формуле (4.5).

$$W_m^{нк} = W_m - P_{np} f_o^{\min}, \quad (4.11)$$

где $W_m^{нк}$ – то же, что в формуле (4.10);

f_o^{\min} – коэффициент сопротивления движения без учета дополнительных сопротивлений от перекоса тележки с приводными колесами;

P_u – то же, что в формуле (4.8).

$$f_o^{\min} = \frac{f_o}{c}, \quad (4.12)$$

где f_o^{\min} – то же, что в формуле (4.11);

$f_o = 0,0065$ – коэффициент сопротивления движения с учетом дополнительных сопротивлений;

$$f_o^{\min} = \frac{0,0065}{1,4} = 4,6 \cdot 10^{-3}.$$

Сопротивление трения в приводных (холостых) колесах:

$$W_m^{нк} = 6098,8 - 469138,7 \cdot 4,6 \cdot 10^{-3} = 3940,8 \text{ Н.}$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 20 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

Сила инерции:

$$P_u = (m_{\kappa p} + Q) \cdot \frac{v_{np}}{t_p}, \quad (4.13)$$

где Q — то же, что и в формуле (4.1);

m_{kp} – то же, что в формуле (4.1);

 v_{np} – скорость передвижения, м/с;
$$t_p = 4 - \text{время разгона, с.}$$

$$P_u = (65645 + 30000) \cdot \frac{0,57}{4} = 13623,41 \text{ H.}$$

Тяговое усилие на ободу приводных колес:

$$U = 3940,8 + 2345,7 + 13623,41 = 19909,91 \text{ H.}$$

Коэффициент запаса:

$$n = \frac{F_{cy}}{U} \geq 1,1, \quad (4.14)$$

где F_{cy} —то же, что в формуле (4.8);

U_- — то же, что в формуле (4.10).

$$n = \frac{60988}{19909,91} = 3,01 .$$

Условие $n=3,01 \geq 1,1$ выполняется.

Определение мощности двигателя:

$$N_{CT} = \frac{\sum N_{CT}}{Z}, \quad (4.15)$$

где $Z=2$ – число двигателей;

$\sum N_{CT}$ – суммарная мощность привода.

$$\sum N_{CT} = \frac{W_{II} \cdot v_{np}}{\eta}, \quad (4.16)$$

где $\eta = 0,94$ – коэффициент полезного действия.

$$\sum N_{CT} = \frac{21044 \cdot 0,57}{0,94} = 12,8 \text{ кВт},$$

$$N_{CT} = \frac{12,8}{2} = 6,4 \text{ кВт}.$$

Частота вращения приводного двигателя:

$$n = \frac{v_{np}}{\pi \cdot D_K}, \quad (4.17)$$

где v_{np} – скорость передвижения крана;

D_K – то же, что в формуле (4.2).

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--|--------------------|----|
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | | ДП110-03.480061 ПЗ | 22 |
|------|-----|------|--------|---------|--|--------------------|----|

$$n = \frac{0,57}{3,14 \cdot 0,71} = 0,26 \text{ об/сек.}$$

Крутящий момент на валу двигателя:

$$M_{кр} = \frac{N_{СТ}}{\omega_k}, \quad (4.18)$$

где $N_{СТ}$ – то же, что в формуле (4.15);

ω_k – угловая скорость на валу двигателя.

$$\omega_k = 2\pi n = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 = 1,63 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_{кр} = \frac{6,4}{1,63} = 3,93 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Для гидроприводов подъемно-транспортных машин выбирают номинальное давление в диапазоне $P_{НОМ} = 15 \div 25 \text{ МПа}$.

Принимаем $P_{НОМ} = 20 \text{ МПа}$. Перепад давления на гидромоторах устанавливается на 10-20% меньше номинального.

Тогда установим $\Delta P_{ГМ} = 15 \text{ МПа}$, это меньше $P_{НОМ}$ на 15%.

Определение рабочего объема гидромоторов:

$$V_o^P = \frac{2\pi(M_c + Y_n \cdot \varepsilon)}{\Delta P_{ГМ} \cdot \eta_{общ}}, \quad (4.19)$$

где M_c – момент сопротивления, приведенный к валу гидромотора, Нм;

Y_n – момент инерции, приведенный к валу гидромотора, кгм²;

$\eta_{общ}$ – общий КПД системы;

ε – угловое ускорение, c^{-2} .

$$Y_n = \sum m_i \left(\frac{v_i}{\omega_n} \right)^2 + \sum Y_i \left(\frac{\omega_i}{\omega_n} \right)^2, \quad (4.20)$$

где m_i – масса линейно движущихся частей, кг;

Y_i – момент инерции вращающихся частей, $кгм^2$;

v_i – скорость линейно движущихся масс, м/с;

ω_i – угловая скорость вращающихся масс, c^{-1} ;

ω_n – угловая скорость звена приведения, c^{-1} .

Момент инерции

$$Y_n = \sum 96000 \cdot \left(\frac{0,57}{1,63} \right)^2 / 4 = 2940 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{\omega_i}{t_p^i}, \quad (4.21)$$

где $t_p = 4$ – время разгона;

ω_i – угловая скорость.

$$\varepsilon = \frac{1,63}{4} = 0,41 \text{ 1/c}^2.$$

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|-----|------|------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Код | Лист | №дог | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 24 |
| | | | | | | |

Рабочий объем гидромоторов:

$$V_o^P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (3930 + 2940 \cdot 0,41)}{15 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 23,9 \text{ см}^3.$$

Выбираем аксиально-поршневой гидромотор серии М2. Габаритные и присоединительные размеры изображены на рисунке 4.2. Технические характеристики гидромоторов типа М2 приведены в таблице 4.2.

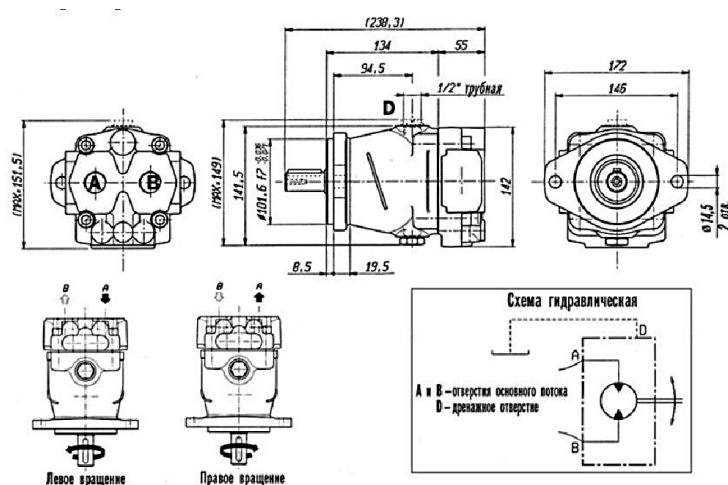


Рисунок 4.2 – Габаритные и присоединительные размеры гидромоторов типа М2

Таблица 4.2–Технические характеристики гидромоторов типа М2

| Основные параметры | Аксиально поршневой гидромотор М2 |
|---|-----------------------------------|
| Рабочий объем, см ³ | 24 |
| Давление на входе, Мпа (длительное, кратковременное, пиковое) | 21,0/25,0/31,5 |
| Частота вращения, об/мин (max/min) | 3600/500 |
| Крутящий момент, Н·м | 110 |
| КПД, % | 90 |
| Масса (без рабочей жидкости), кг | 12 |
| Температура рабочей жидкости, °С | -25....+90 |

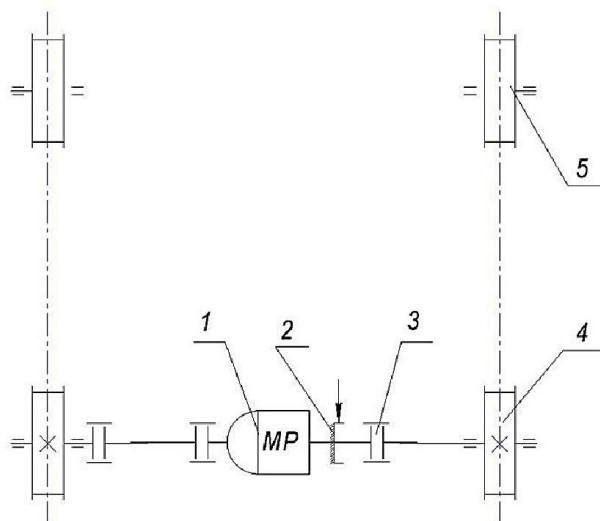
4.2 Расчет механизма передвижения тележки

Исходные параметры необходимые для выполнения расчета механизма передвижения тележки представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные

| Наименование параметра | Значение |
|--|-----------------|
| Грузоподъемность Q , т | 30 |
| Пролет крана L , м | 28,5 |
| Скорость передвижения тележки $V_{\text{пер}}$, м/с | 0,3 |
| Род тока, напряжение, В | Переменный, 380 |

Кинематическая схема механизма передвижения тележки представлена на рисунке 4.3



1 – мотор-редуктор; 2–тормоз; 3 – муфты; 4 – приводное колесо; 5–
холостое колесо

Рисунок 4.3 – Схема механизма передвижения тележки

Диаметр ходового колеса выбираем по допускаемым напряжениям с учетом заданной долговечности или заданной частоты вращения.

Максимальная нагрузка на колесо тележки:

$$Q_{\max} = \frac{\alpha_1 \cdot (Q + Q_T) \cdot g}{\eta_x}, \quad (4.23)$$

где Q – то же, что в формуле (4.1);

Q_T – масса тележки, кг;

$\alpha_1 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение нагрузки от веса тележки от груза на колесо тележки[7];

$\eta_x = 4$ – число ходовых колес тележки.

$$Q_{\max} = \frac{1,1 \cdot (30000 + 5140) \cdot 9,8}{4} = 94,7 \text{ кН.}$$

Ходовое колесо и тип рельса выбираем из условия:

$$Q_{\max} \leq [Q_{x.k}], \quad (4.24)$$

где $[Q_{x.k}]$ – допускаемая нагрузка на ходовое колесо по ОСТ 24.090.44-82, [7].

Выбираем ходовое колесо с диаметром $D=320$ мм, тип рельса КР80.

Диаметр цапфы подшипника ходового колеса принимаем:

$$d_y = (0,2 \div 0,5) \cdot D, \quad (4.25)$$

где $D=320$ – диаметр ходовых колес, мм.

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 27 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

$$d_y = (0,2 \div 0,5) \cdot 320 = 64 \div 160 \text{ мм.}$$

Принимаем $d_y = 110 \text{ мм.}$

Статическая сила сопротивления передвижению тележки:

$$W_{CT} = W_{TP} + W_y, \quad (4.26)$$

где W_{TP} – сила сопротивления от трения при передвижении тележки с грузом;

W_y – сила сопротивления от уклона подтележечных путей.

$$W_{TP} = \omega_y \cdot (Q + Q_T), \quad (4.27)$$

где ω_y – удельное сопротивление передвижению;

Q – то же, что в формуле (4.1);

Q_T – то же, что в формуле (4.23).

$$\omega_y = K_p \cdot \frac{1000}{R_{X.K.}} \cdot \left(\mu + \frac{d_y}{2} \cdot f \right), \quad (4.28)$$

где $K_p=2$ – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления передвижения от трения роликов о рельсы, от неравномерности рельсового пути, от разности диаметров ходовых колес, [8];

$\mu=0,08$ – плечо трения качения ходового колеса о рельс, [8];

$R_{X.K.}=16$ – радиус ходового колеса, см;

$d_y=11$ – диаметр цапфы подшипника ходового колеса, см;

$f=0,015$ – коэффициент трения в подшипниках ходового колеса, [8].

| | |
|---------|---------|
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |

| | | | | | | |
|------|------|------|-----|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лист | Имя | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 28 |
|------|------|------|-----|---------|--------------------|----|

$$\omega_y = 2 \cdot \frac{1000}{16} \cdot \left(0,8 + \frac{11}{2} \cdot 0,015 \right) = 20,31 \text{ кг / т},$$

$$W_{mp} = 20,31 \cdot (30 + 5,140) = 713,7 \text{ кг}.$$

Сила сопротивления от уклона подтележечных путей:

$$W_y = i_y \cdot (Q + Q_T), \quad (4.29)$$

где $i_y = 2,0$ – удельное сопротивление передвижению при преодолении уклона рельсового пути, кг/т, [8];

Q – то же, что в формуле (4.1);

Q_T – то же, что в формуле (4.23).

$$W_y = 2 \cdot (30 + 5,140) = 70,28 \text{ кг},$$

$$W_{CT} = 713,7 + 70,28 = 783,98 \text{ кг}.$$

Статическая мощность мотор-редуктора:

$$N_{CT} = \frac{W_{CT} \cdot V_{пп}}{m \cdot 6120 \cdot \eta_M}, \quad (4.30)$$

где $\eta_M = 0,893$ – КПД механизма;

W_{CT} – то же, что в формуле (4.26);

$m=1$ – количество мотор – редукторов.

$$N_{CT} = \frac{783,98 \cdot 18}{1 \cdot 6120 \cdot 0,893} = 2,6 \text{ кВт}.$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 29 |
| | | | | | | |

Необходимое передаточное отношение мотор – редуктора, исходя из минимального числа оборотов двигателя $n_H = 910$ об/мин:

$$U_p = \frac{\pi \cdot D_{X.K.} \cdot n_H}{V_{PP}}, \quad (4.31)$$

где $D=320$ – то же, что в формуле (4.25);

V_{PP} – скорость передвижения.

$$U_p = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 910}{18} = 50,8.$$

Выбираем двухступенчатый планетарный мотор – редуктор ЗМП-80. Габаритная схема представлена на рисунке 4.4.

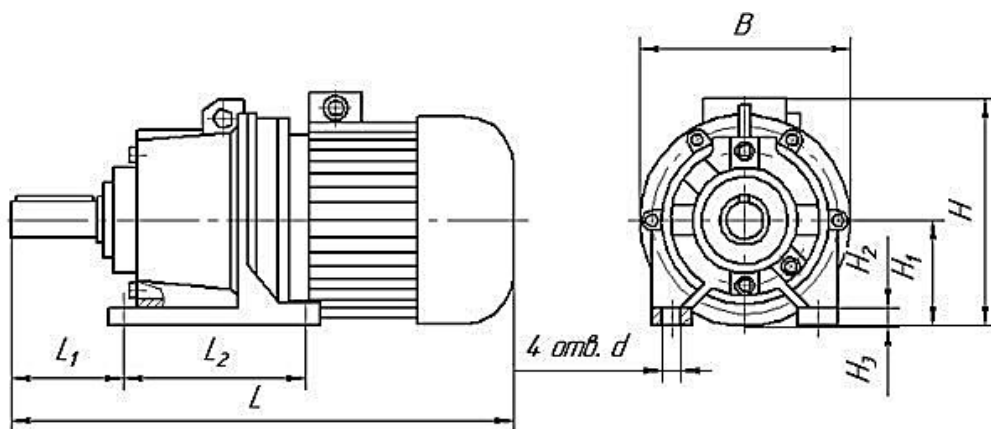


Рисунок 4.4 – габаритная схема ЗМП-80

Характеристика мотор-редуктора:

- мощность двигателя: $N_{дв.} = 3$ кВт;
- передаточное отношение: $U_p = 52,2$;
- номинальная частота вращения выходного вала: $n = 18$ об/мин;
- выходной момент: $M_{тр} = 1558$ Н·м.

| | | | | | |
|------|---|-------|---------|--------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись | и дата | Взам. инв. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|------|------|------|--------|---------|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись |
| | | | | |
| | | | | |

Фактическая скорость передвижения тележки:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{X.K} \cdot n}{U_p}, \quad (4.32)$$

где D – то же, что в формуле (4.25);

n – количество оборотов двигателя;

U_p – то же, что в формуле (4.31).

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 910}{52,2} = 17,51 \text{ м/мин.}$$

Фактическая статическая мощность:

$$N_{CT.\phi} = \frac{W_{CT} \cdot V_{\phi}}{m \cdot 6120 \cdot \eta_M}, \quad (4.33)$$

$$N_{CT.\phi} = \frac{783,98 \cdot 17,51}{1 \cdot 6120 \cdot 0,893} = 2,51 \text{ кВт.}$$

Статический момент на валу двигателя при установившемся движении:

$$M_{CT} = \frac{W_{CT} \cdot R_{X.K} \cdot g}{m \cdot U_p \cdot \eta_M}, \quad (4.34)$$

$$M_{CT} = \frac{783,98 \cdot 0,160 \cdot 9,8}{1 \cdot 52,2 \cdot 0,893} = 26,4 \text{ Н·м.}$$

Номинальный момент двигателя:

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------------|------------|---------|--------------------|--|--|--|--|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам. инв. | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Изм. | Код | Лист | №доп. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | | | | |
| | | | | | 31 | | | | |

$$M_H = 9550 \frac{N_{\text{дв.}}}{n}, \quad (4.35)$$

$$M_H = 9550 \frac{3}{910} = 31,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Загрузка двигателя:

$$\alpha = \frac{M_{\text{ст.}}}{M_{\text{ном}}} \cdot 100\%, \quad (4.36)$$

$$\alpha = \frac{26,4}{31,5} \cdot 100\% = 84\%.$$

Расчет тормозного момента производится исходя из условия допускаемого запаса сцепления тормозных ходовых колес с рельсами при работе тележки без груза.

Тормозной момент:

$$M_T = M_{\text{зат}} - M_c, \quad (4.37)$$

где $M_{\text{зат}}$ – общий затормаживающий момент;

M_c – момент статического сопротивления, способствующий остановке механизма при торможении тележки без груза.

Общий затормаживающий момент:

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|------------|---|---------|--|--------------------|--|--|--|--|----|--|
| Инв. №под | Подпись и дата | Взам. инв. | где $M_{зам}$ – общий затормаживающий момент; | | | | | | | | | |
| | | | M_c – момент статического сопротивления, способствующий остановке механизма при торможении тележки без груза. | | | | | | | | | |
| | | | Общий затормаживающий момент: | | | | | | | | | |
| | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | | | | | 32 | |
| Изм. | Код | Лист | №дог | Подпись | | | | | | | | |

$$M_{sam} = \left(\frac{Q_T \cdot D_{X.K.} \cdot \eta_M \cdot g}{2 \cdot g \cdot U_P} + \frac{\Sigma GD_{BP}^2 \cdot n \cdot m \cdot g}{375 \cdot V_c} \right) \cdot j_{\max}, \quad (4.38)$$

где $\sum GD_{BP}^2$ – суммарный маховый момент вращающихся масс привода;

$V_c = 0,3$ - скорость передвижения, м/с;

$$j_{\max} = 0,4 \text{ М/с}, [2].$$

Суммарный маховый момент вращающихся масс привода:

$$\Sigma GD_{RP}^2 = 2,3 \cdot GD_p^2, \quad (4.39)$$

где $\sum GD_p^2 = 0,043$ – маховый момент ротора двигателя, Н·м².

$$\Sigma GD_{RP}^2 = 2,3 \cdot 0,043 = 0,099 \text{ H} \cdot \text{M}^2,$$

$$M_{sam} = \left(\frac{5140 \cdot 0,32 \cdot 0,893 \cdot 9,8}{2 \cdot 9,8 \cdot 52,2} + \frac{0,099 \cdot 910 \cdot 1 \cdot 9,8}{375 \cdot 0,3} \right) \cdot 0,4 = 8,78 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент статического сопротивления, способствующий остановке механизма при торможении тележки без груза:

$$M_c = Q_T \cdot (\mu + f \cdot \frac{d_u}{2} \cdot \frac{m}{n}) \cdot \frac{\eta_M \cdot g}{U_p \cdot 100}, \quad (4.40)$$

$$M_c = 5140 \cdot (0,08 + 0,015 \cdot \frac{0,11}{2} \cdot \frac{1}{4}) \cdot \frac{0,893 \cdot 9,8}{52,2 \cdot 100} = 0,1 \text{ H} \cdot \text{M},$$

$$M_T = 8,78 - 0,1 = 8,68 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Мотор – редуктор оборудован встроенным электромагнитным тормозом с максимальным тормозным моментом $M_{\text{торм}}=220\text{Н}\cdot\text{м}$.

Путь торможения тележки без груза:

$$S = \frac{V_c^2}{2 \cdot j_{\max}}, \quad (4.41)$$

$$S = \frac{0,3^2}{2 \cdot 0,4} = 0,1125 \text{ м.}$$

Путь торможения с грузом:

$$S_{zp} = \frac{V_c^2}{2 \cdot j_m}, \quad (4.42)$$

где $j_{zp} = 0,15$ – величина максимально допустимого замедления при работе крана группы «А» с грузом, м/с [9].

$$S_{sp} = \frac{0,3^2}{2 \cdot 0,15} = 3 \text{ м.}$$

Значения величины тормозных путей рассчитаны и приведены для случая срабатывания тормозов при внештатном отключении механизма. При нормальной (штатной) работе механизма тормозные режимы обеспечиваются системой управления, которая контролирует снижение тока и скорости электродвигателей механизма. Необходимые величины замедлений устанавливаются программно и контролируются при наладке. При

достижении определенных значений замедлений производится наложение тормозов и отключение механизма.

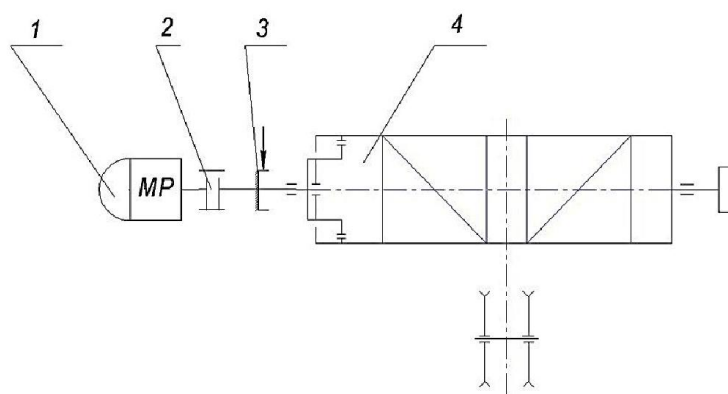
4.3 Расчёт механизма подъема

Исходные параметры необходимые для выполнения расчета механизма подъема представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Исходные данные

| Наименование параметра | Значение |
|--|----------|
| грузоподъемность Q , т | 30 |
| масса подвески и канатов G , кг | 587 |
| число ветвей полиспаста Z | 2 |
| скорость подъема груза $V_{гр}$, м/с | 0,13 |
| высота подъема H , м | 9,5 |
| группа режима работы механизма по ИСО 4301/1 | A5 |

Кинематическая схема механизма подъема представлена на рисунке 4.5.



1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – тормоз; 4 – барабан

Рисунок 4.5 – Кинематическая схема механизма подъема

Выбор каната начинаем с определения натяжения ветви каната:

$$S = \frac{(Q + G_{\text{п}}) \cdot g}{z \cdot \eta_n}, \quad (4.43)$$

где Q – то же, что и в формуле (4.1.);

$G_{\text{п}} = 587$ кг – масса подвески и каната;

$Z = 6$ – Число ветвей полиспаста;

η_n – коэффициент полезного действия полиспаста.

$$\eta_n = \frac{(1 - \eta_{\delta}^{u_n})}{(1 - \eta_{\delta}) \cdot u_n}, \quad (4.44)$$

где $\eta_{\delta} = 0,98$ – коэффициент полезного действия одного блока, [5];

$u_n = 3$ – кратность полиспаста.

$$\eta_n = \frac{(1 - 0,98^8)}{(1 - 0,98) \cdot 2} = 0,99,$$

$$S = \frac{(30000 + 587) \cdot 9,8}{6 \cdot 0,98} = 50978 \text{ Н.}$$

Выбор стального каната производится в соответствии с Правилами Госгортехнадзора [8]. Расчетное разрывное усилие в канате:

$$F_0 = z_p \cdot S_{\text{max}}, \quad (4.45)$$

где $z_p = 4,5$ – минимальный коэффициент использования каната, для группы классификации механизма М5;

$S = 50978$ – наибольшее натяжение ветви каната, Н.

$$F_0 = 4,5 \cdot 50978 = 229401 \text{ Н.}$$

| | |
|---------|---------|
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 36 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

Выбираем по ГОСТ 7667– 80 канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции 6х25(1+6;6+12)+7х7(1+6) диаметром d=20,5 мм, с разрывным усилием P=272500 Н.

Фактический коэффициент запаса прочности каната:

$$z_p = \frac{P}{S} > z = 7,1, \quad (4.46)$$

где $z_p = 4,5$ – минимальный коэффициент использования каната, для группы классификации механизма М5[4];

$S = 50978$ – наибольшее натяжение ветви каната, Н.

$$Z_p = \frac{272500}{50978} = 5,36 \geq 4,5.$$

Коэффициент фактический больше допустимого – условие запаса прочности не нарушается.

Требуемый диаметр барабана по средней линии навитого стального каната:

$$D_1 = h_1 \cdot d, \quad (4.47)$$

где $d = 20,5$ –диаметр каната, мм;

$h_1=18$ – коэффициент для выбора диаметра барабана, принимаем по группе классификации механизма М5,[10].

$$D_1 = 18 \cdot 20,5 = 369 \text{ мм.}$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 37 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

Принимаем конструктивно диаметр барабана $D_1=500$ мм по дну нарезки.

Минимально допустимый диаметр блоков по дну канавки:

$$D_2 = h_2 \cdot d, \quad (4.48)$$

где $h_2=20$ – коэффициент для выбора диаметра барабана по группе классификации механизма М5,[10].

$$D_2 = 20 \cdot 20,5 = 410 \text{ мм.}$$

Принимаем конструктивно диаметр блоков по дну канавки $D_2=410$.

Длина каната, навиваемого на барабан с одного полиспаста:

$$L_k = H \cdot u_n + \pi \cdot D_1 (Z_1 + Z_2) \quad (4.49)$$

где $H=9,5$ – высота подъема груза, м;

$u_n=3$ – кратность полиспаста;

$Z_1=2$ – число запасных витков на барабане;

$Z_2=3$ – число витков, находящихся под зажимным устройством.

$$L_k = 9,5 \cdot 3 + 3,14 \cdot 0,5 (2 + 3) = 36,35 \text{ м.}$$

Длина барабана с двухсторонней нарезкой:

$$L = 2 \cdot L_1 + 2 + L_2 + 2 \cdot L_3 + L_0, \quad (4.50)$$

где L_1 – длина нарезной части барабана;

| | | | | | |
|------|---|-----|---------|--------|------------|
| Изм. | № | под | Подпись | и дата | Взам. инв. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$L_2=3t$ – участок для крепления каната;

$L_3= 1,5t$ – ширина реборды или нарезной части;

L_0 – расстояние между нарезками.

$$L_1 = (n_{раб} + n_n) \cdot t, \quad (4.51)$$

где $n_{раб}$ – число рабочих витков для навивки на барабан при заданной высоте подъема груза;

$n_n \geq 1,5$ – число витков, которое должно оставаться навитым на барабан при одном нижнем положении груза;

$t=20$ мм – шаг нарезки.

Длина части барабана, на которой размещаются витки для закрепления каната:

$$n_{раб} = \frac{H \cdot u_n}{\pi \cdot D_0}, \quad (4.52)$$

где $H=9,5$ – высота подъема груза, м;

$u_n=3$ – кратность полиспаста.

$$n_{раб} = \frac{9,5 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,5} = 18,15,$$

$$L_1 = (18,15 + 2) \cdot 20 = 403 \text{ мм},$$

$$L_2 = 3 \cdot 20 = 60 \text{ мм},$$

$$L_3 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ мм}.$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 39 |
| | | | | | | |

Принимаем расстояние между нарезками $L_0=80$ мм.

$$L = 2 \cdot 403 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 30 + 80 = 1066 \text{ м.}$$

При расчете длины барабана должно выполняться условие:

$$\frac{L}{D_1} < 4 - 5, (4.53)$$

$$\frac{L}{D_1} = \frac{1066}{369} = 2,89 < 4 - 5.$$

Данное условие выполняется, оставляем ранее выбранный размер.

Толщина стенки сварного стального барабана. Принимаем в качестве материала барабана сталь 09Г2С ($\sigma_T=165$ МПа, [11]) ГОСТ 380-71.

Минимально допустимая толщина стенки барабана с учетом деформации стенки и каната.

$$\delta_{II} = 0,95 \frac{\max[S; S'; S_9]}{t \cdot [\delta]}, \quad (4.54)$$

где $[\delta] = 130$ –допускаемое напряжение сжатия для материала барабана, МПа.

$$\delta_{II} = 0,95 \cdot \frac{50978}{20 \cdot 130} = 18,6 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину стенки барабана по дну нарезки под канат $\delta = 20$

| | | | | |
|------|---|-----|----------------|------------|
| Изм. | № | под | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 40 |
| | | | | | | |

мм.

Проверка толщины стенки барабана на устойчивость по допустимому критическому напряжению:

$$\delta_k = 0,8 \cdot [\delta_T], \quad (4.55)$$

где $[\delta_T]=310$ – предел текучести для стали 09Г2С, МПа.

$$\delta_k = 0,8 \cdot 310 = 248 \text{ МПа.}$$

Номинальные напряжения в стенке:

$$\delta_n = \frac{S}{t \cdot \delta}, \quad (4.56)$$

$$\delta_n = \frac{50978}{20 \cdot 20} = 127,45 \text{ МПа.}$$

Расчетный коэффициент запаса:

$$n_p = \frac{\delta_k}{\varphi \cdot \delta_n} > n,$$

где $n=1,7$ – нормативный коэффициент запаса.

$$n_p = \frac{248}{0,86 \cdot 127,45} = 2,26.$$

Определяем частоту вращения барабана:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|---------|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|-----|------|-------|---------|--|----------------|----------|
| Изм. №под | <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм.</td><td>Код</td><td>Лис.</td><td>№доп.</td><td>Подпись</td><td></td></tr></table> | | | | | | | | | | | | | | | | | Изм. | Код | Лис. | №доп. | Подпись | | Подпись и дата | Взам инв |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Изм. | Код | Лис. | №доп. | Подпись | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| где $n=1,7$ – нормативный коэффициент запаса. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $n_p = \frac{248}{0,86 \cdot 127,45} = 2,26.$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Определяем частоту вращения барабана: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ДП110-03.480061 ПЗ | | | | | | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

$$n_{\delta} = \frac{V_{zp} \cdot u_n}{\pi \cdot D_{расч}}, \quad (4.57)$$

где $V_{\text{сп}} = 7,8 \text{ м/мин}$ – скорость подъема груза;

$$u_n = 3 - \text{кратность полиспаста};$$
$$D_{\text{расч}}=0,5 \text{ м} - \text{диаметр барабана.}$$

$$n_{\bar{o}} = \frac{7,8 \cdot 3}{3,14 \cdot 0,5} = 14,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Выбор мотор – редуктора. Статическая мощность:

$$N_c = \frac{Q \cdot V_{cp}}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{Mex}}, \quad (4.58)$$

где Q — то же, что и в формуле (4.1);

 $V_{sp}=7,8 \text{ м/мин}$ – скорость подъема груза;
$$\eta_{\text{мех}}=0,94 - \text{КПД механизма.}$$

$$N_c = \frac{30000 \cdot 7,8}{102 \cdot 60 \cdot 0,94} = 34,6 \text{ кВт.}$$

Передаточное число привода от двигателя до барабана:

$$i_n = \frac{n_{\partial \mathcal{S}}}{n_{\hat{\rho}}}, \quad (4.59)$$

где $n_{\text{ог}}=1500$ об/мин – число оборотов двигателя;

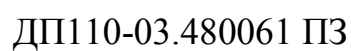
$n_{\bar{\sigma}} = 14,9$ об/мин - частота вращения барабана.

| | | |
|------------|----------------|------------|
| Инв. №под. | Подпись и дата | Взам. инв. |
|------------|----------------|------------|

| | | | | | |
|-----|-----|------|------|---------|--|
| | | | | | |
| | | | | | |
| Изм | Код | Лист | №дог | Подпись | |

ДП110-03.480061 ПЗ

- 43



43

$$v_{no\partial}^{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\bar{o}} \cdot n_{\bar{o}}}{60 \cdot u}, \quad (4.60)$$

$n_{\bar{\theta}} = 14,9$ об/мин - частота вращения барабана;

$u=3$ – кратность полиспада.

$$v_{nod}^{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 14,9}{60 \cdot 3} = 0,13 \text{ м/с.}$$

Выбор тормоза производится из предположения, что вся масса груза удерживается одним тормозом, независимо от количества тормозов, установленных на механизме, при этом тормозной момент определяется запасом торможения «К».

Каждый из двух приводов оборудован двумя тормозами (одни дисковый встроен в электродвигатель, второй колодочный на быстроходном валу редуктора).

Момент статического сопротивления на тормозном валу при торможении (тормозной момент)

$$M_c^m = \frac{S_{\phi} \cdot z \cdot D_{\phi} \cdot \eta}{2 \cdot i_m}, \quad (4.61)$$

где $S_{\phi}=50978$ – наибольшее натяжение ветви каната, Н;

$i=107,9$ – общее передаточное число привода;

$D_{\phi}=0,5$ м – диаметр барабана;

$z=2$ – число ветвей каната закрепленных на барабане;

$\eta=0,99$ – КПД.

$$M_c^m = \frac{50978 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,99}{2 \cdot 107,9} = 233,87 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

По правилам Госгортехнадзора момент, создаваемый тормозом, выбирается из условия:

$$M_m = M_c^m \cdot K_m, \quad (4.62)$$

| | | | | | | | |
|------------|----------------|------|--------|---------|--|--------------------|----|
| Имя, Номер | Взам инв. | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | 44 |
| | Подпись и дата | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Изм. | Кол. | Лист | № док. | Подпись | | | |

$$M_c^m = \frac{50978 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,99}{2 \cdot 107,9} = 233,87 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По правилам Госгортехнадзора момент, создаваемый тормозом, выбирается из условия:

$$M_m = M_c^m \cdot \kappa_m, \tag{4.62}$$

где $k_m=1,5$ – коэффициент запаса торможения, тормоз механизма подъема груза, должен обеспечивать тормозной момент с коэффициентом запаса торможения не менее 1,5 и не более 2,5.

$$M_m = 233,87 \cdot 1,5 = 350,81 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мотор-редуктор оборудован тормозами с максимальным тормозным моментом $M_{\text{торм}}=200 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

4.4 Проверочный расчет металлоконструкции

Выбор материала:

Так как режим работы крана – М5 и температурный режим $-40 - +35^\circ\text{C}$, выбираем низколегированную сталь марки 09Г2С ГОСТ 19282–73:

09 – процентное содержание углерода (0,09%);

Г2 – процентное содержание легирующего элемента марганца (1-2%);

С – процентное содержание легирующего элемента кремния (0,3-1%).

Расчет на основные и дополнительные нагрузки:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_1} = \frac{\sigma_T}{1,3-1,4} = \frac{330}{1,3-1,4} = 253,7 - 235,7 \text{ МПа} . \quad (4.63)$$

Принимаем $[\sigma]_{II} = 240 \text{ МПа}$.

Определение действующих нагрузок на пролетную балку.

Определяем собственный вес моста крана:

$$G_M = 0,96Q + 0,84L, \quad (4.64)$$

где $Q=30 \text{ т}$ – грузоподъемность крана;

$L=28,5 \text{ м}$ – длина моста крана.

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

$$G_M = 0,96 \cdot 30 + 0,84 \cdot 28,5 = 53 \text{ т} .$$

Определяем собственный вес пролетной балки:

$$\frac{G_M}{2} (4.65)$$

С учетом режима работы М7 и изготовления из низколегированной стали:

$$\frac{G_M}{2} = 265 \cdot 0,9 = 238,5 \text{ кН}.$$

Определяем погонный вес пролетной балки:

$$q = \frac{G_{M/2}}{1,05 \cdot L}, \quad (4.66)$$

$$q = \frac{238,5}{1,05 \cdot 28,5} = 7,9 \text{ кН/м}.$$

Собственный вес грузовой тележки:

$$G_{\text{тел}} = 0,45 \cdot G ,$$

$$G_{\text{тел}} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ кН}.$$

Принимаем $G_{\text{тел}} = 14 \text{ кН}.$

| | | | | |
|-----|------|----------------|------|-----|
| Изм | №под | Подпись и дата | Взам | инв |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|---------|--------------------|----|
| Изм | Кол | Лис | №до | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 46 |
| | | | | | | |

Управление краном осуществляется со стационарного пульта, установленного в специальном защищенном помещении, и с переносного пульта, устанавливаемого в кабине крановщика.

Определим вертикальные подвижные нагрузки от давления колес грузовой тележки. Схема давления на колеса грузовой тележки представлена на рисунке 4.8.

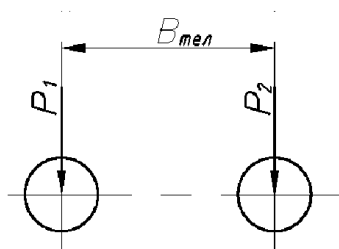


Рисунок 4.8 – Схема давления на колеса грузовой тележки

Давление на колеса грузовой тележки:

$$\begin{cases} P_1 = P_{1Q} + P_{1G_{тел}} = \frac{Q}{4} + k \frac{G_{тел}}{4} = 0,76 + 3,85 = 4,61, \\ P_2 = P_{2Q} + P_{2G_{тел}} = \frac{Q}{4} + k' \frac{G_{тел}}{4} = 0,76 + 3,15 = 3,91, \end{cases} \quad (4.67)$$

где $k = 1,1$ и $k' = 0,9$ – коэффициенты неравномерного давления колес.

Расчетное давление колес грузовой тележки с учетом динамических нагрузок, возникающих при работе механизма подъема крана (комбинация А) и при передвижении крана (комбинация Б), определяются по следующим формулам:

$$\text{Комбинация А} \begin{cases} P_{1расч}^A = K_d \cdot P_{1Q} + P_{1G_{тел}} = 1,3 \cdot 0,76 + 3,85 = 4,84 \\ P_{2расч}^A = K_d \cdot P_{2Q} + P_{2G_{тел}} = 1,3 \cdot 0,76 + 3,15 = 4,14 \end{cases}; \quad (4.68)$$

$$\text{Комбинация Б} \begin{cases} P_{1расч}^B = (P_{1Q} + P_{1G_{мел}}) K_T = (0,76 + 3,85) \cdot 1 = 4,61 \\ P_{2расч}^B = (P_{2Q} + P_{1G_{мел}}) K_T = (0,76 + 3,15) \cdot 1 = 3,91 \end{cases}, (4.69)$$

где $K_D = 1,3$ – коэффициент динамики для поднимаемого груза, для тяжелого режима работы;

$K_T = 1$ – коэффициент толчков, учитывающий динамические нагрузки, возникающие при передвижении крана с грузом.

Определим максимальный изгибающий момент:

$$X = \sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i + \sum_{j=1}^m q_j \cdot \omega_j \quad (4.70)$$

$M_{изг}$ для сечения x_0 :

$$M_{x_0}^A = P_1^A \cdot y_1 + P_2^A \cdot y_2 + q \cdot \omega,$$

$$M_{x_0}^A = 4,84 \cdot 5,8 + 4,14 \cdot 4,4 + 7,9 \cdot 82,65 = 699,2 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{x_0}^B = P_1^B \cdot y_1 + P_2^B \cdot y_2 + q \cdot \omega,$$

$$M_{x_0}^B = 4,61 \cdot 5,8 + 3,91 \cdot 4,4 + 7,9 \cdot 82,65 = 696,9 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$x_0 = a = \frac{L}{2} - \frac{P_2}{P_1 + P_2} \cdot \frac{B_{мел}}{2},$$

$$x_0 = \frac{28,5}{2} - \frac{3,91}{4,61 + 3,91} \cdot \frac{3}{2} = 13,6,$$

$$y_1 = y_{\max} = \frac{a \cdot b}{L},$$

$$y_1 = \frac{13,6 \cdot 12,2}{28,5} = 5,8 \text{ ,}$$

$$y_2 = \frac{a(b - B_{\text{мел}})}{L},$$

$$y_2 = \frac{13,6(12,2-3)}{28,5} = 4,4 ,$$

$$\omega = \frac{1}{2} \cdot L \cdot y_1 \text{ ,}$$

$$\omega = 14,25 \cdot 5,8 = 82,65 \text{ м.}$$

Принимаем $M_{изг}^{\max} = M_{x_0}^A = 699,2 \text{ кН}\cdot\text{м}$.

Определение геометрических параметров элементов поперечного сечения пролетной балки.

На рисунке 4.9 приведено поперечное сечение балки.

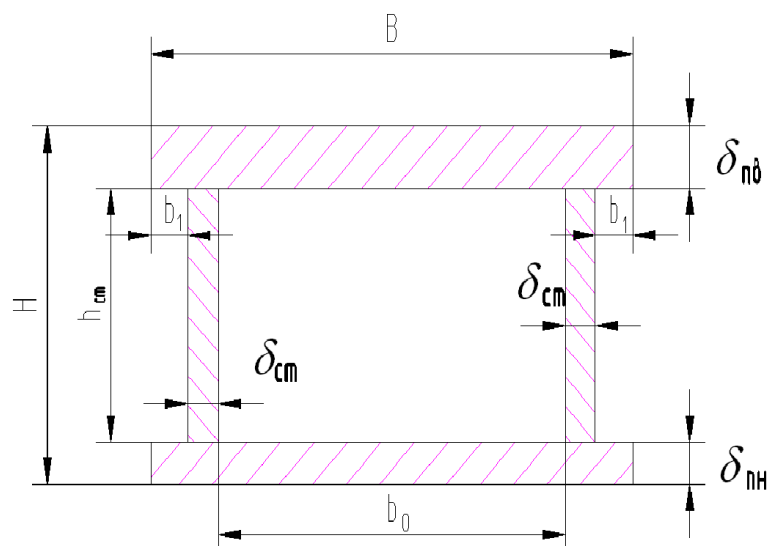


Рисунок 4.9 – Поперечное сечение балки с рельсом между стенками.

Оптимальная высота пролетной балки:

$$H_{onm} = \sqrt{\frac{3 \cdot W_{x-x}}{2 \cdot \delta_{cm}}}, (4.71)$$

где W_{x-x} – момент сопротивления поперечного сечения, м³;

 $\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенки, мм.

Момент сопротивления поперечного сечения:

$$W_{x-x} = \frac{M_{uz2}^{\max}}{[\sigma]_{II}}, (4.72)$$

где $M_{изг}^{\max} = M_{x_0}^A = 699,2$ – максимальный изгибающий момент, кН·м;

$[\sigma]_{II} = 240$ – допускаемое напряжение для расчета пролетной балки, МПа.

$$W_{x-x} = \frac{699,2}{240} = 2,91 \text{ m}^3.$$

Полученную величину увеличим на 20%:

$$W_{x-x} = 2,91 \cdot 1,2 = 3,5 \text{ M}^3.$$

Для грузоподъемности 30 тонн $\delta_{cm}=12\text{ мм}=0,012\text{м}$.

$$H_{onm} = \sqrt{\frac{3 \cdot 3,5}{2 \cdot 12}} = 0,25 \text{ м.}$$

Согласно ВНИИПТМаш, высота пролетной балки:

| | | | | | | |
|---|---|------|-------|---------|----|------------|
| Инв. №под | Подпись и дата | | | | | Взам. инв. |
| | Для грузоподъемности 30 тонн $\delta_{cm} = 12 \text{ мм} = 0,012 \text{ м.}$ | | | | | |
| | $H_{ont} = \sqrt{\frac{3 \cdot 3,5}{2 \cdot 12}} = 0,25 \text{ м.}$ | | | | | |
| Согласно ВНИИПТМаш, высота пролетной балки: | | | | | | |
| ДП110-03.480061 ПЗ | | | | | | |
| Изм. | Кол. | Лист | №дог. | Подпись | 50 | |

$$H = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{14} \right) L, (4.73)$$

где L – пролет моста, м.

$$H = \left(\frac{1}{18} \div \frac{1}{14} \right) 28,5 = 2 \text{ м.}$$

Расстояние между стенками:

$$b_0 \geq \frac{1}{3} H, \quad (4.74)$$

$$b_0 \geq 0,67 \text{ м.}$$

Принимаем $b_0 = 1 \text{ м}$, т. к. для обеспечения удобства проведения сварочных работ оно не должно быть меньше этого значения.

Величина свеса определяется типом сварки. При ручной сварке $b_1 \geq 10 \text{ мм}$, при автоматической и полуавтоматической сварке $b_1 \geq 20 \text{ мм}$. Принимаем $b_1 = 0,07 \text{ м}$.

Ширина полок:

$$B = b_0 + 2(\delta_{ст} + b_1), (4.75)$$

где b_0 – расстояние между стенками, м;

$\delta_{ст}$ – толщина стенки, м;

b_1 – величина свеса, м.

$$B = 1 + 2(0,012 + 0,07) = 1,164 \text{ м.}$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Принимаем $B = 1,2$ м.

Толщина верхней полки:

$$\delta_{нв} = \frac{1,2 \cdot M_{изг}^{\max}}{B \cdot H \cdot [\sigma]_{II} \cdot 10^3}, \quad (4.76)$$

$$\delta_{нв} = \frac{1,2 \cdot 699,2}{1,2 \cdot 2 \cdot 240 \cdot 10^3} = 0,002 \text{ м.}$$

Толщина нижней полки:

$$\delta_{ни} = \frac{M_{изг}^{\max}}{B \cdot H \cdot [\sigma]_{II} \cdot 10^3}, \quad (4.77)$$

$$\delta_{ни} = \frac{699,2}{1,2 \cdot 2 \cdot 240 \cdot 10^3} = 0,002 \text{ м.}$$

Полученные толщины уточняем по сортименту на широкополосную сталь. Принимаем $\delta_{нв} = 0,002$ м, $\delta_{ни} = 0,002$ м.

Высота стенки:

$$h_{ст} = H - (\delta_{нв} + \delta_{ни}), \quad (4.78)$$

$$h_{ст} = 2 - (0,002 + 0,002) = 1,996 \text{ м.}$$

Проверка: $\frac{h_{ст}}{\delta_{ст}} \leq 270$, $166 < 270 \Rightarrow$ условие выполняется.

Принимаем $h_{ст} = 1,9$ м.

| | | | | |
|------|---|-------|------|------------|
| Изм. | № | Подп. | Дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 52 |
| | | | | | | |

| | | |
|------------|----------------|------------|
| Инв. №под. | Подпись и дата | Взам. инв. |
|------------|----------------|------------|

Руководство обеспечивают надзор, обслуживание крана, содержание крана в исправном состоянии.

а) назначены инженерно-технический работник по надзору за безопасной эксплуатацией; инженерно-технический работник, ответственный за содержание крана в исправном состоянии (работники могут быть назначены раздельно: по механической электрической части); работник, ответственный за безопасное производство работ;

в) Создана ремонтная служба и установлен порядок периодических осмотров, технических обслуживаний и ремонтов, обеспечивающих содержание крана в исправном состоянии;

г) Установлен порядок обучения и периодической проверки знаний персонала, обслуживающего кран.

Работники, обеспечивающие надзор за работой крана, руководствуются
НП-043-11.

К управлению краном допускаются операторы, обученные и аттестованные в установленном порядке, имеющие навыки в управлении краном данного типа.

Оператор следит, чтобы масса поднимаемого груза не превышала грузоподъемность соответствующего механизма. Следит за функционированием системы блокировок, исключающей одновременную работу механизмов.

Кран снабжен табличкой с ясно обозначенным регистрационным номером, грузоподъемностью и датой следующего частичного или полного технического освидетельствования.

Для предупреждения запуска в работу неисправного крана в кабине управления на видном месте вывешен плакат «Кран неисправен».

Подготовка крана к работе:

Оператор, принявший смену, производит осмотр крана перед началом работы, для чего администрацией выделено соответствующее время. Перечень работ, которые обязан выполнить оператор при ежемесячном обслуживании, приведен в Руководстве по эксплуатации.

Перед включение вводного устройства оператор убеждается, что все контроллеры находятся в нулевом положении, двери на входа на мост закрыты, а на подкрановых путях и на кране нет людей.

Перед началом работы, включив вводное устройство, кратковременными включениями проверяется действие тормозов механизма, конечных выключателей ограничения хода крана, тележки и высоты подъема грузовых подвесок.

Перед пуском крана в работу оператор подает звуковой сигнал.

Все работы по подъему и перемещению грузов производятся только по команде работника, ответственного за транспортно-технологические операции. Команда «Стоп» выполняется независимо от того, кем она подана.

Груз поднимают осторожно, без рывков и раскачивания. Для устранения возникшего раскачивания подается тележка или кран в сторону, куда качнулся груз.

Груз разрешается понимать только в отвесном положении, не допускается подтаскивать его на полу крюком крана, а также выполнять подъем груза, заложенного другими предметами.

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | №дог. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 54 |
| | | | | | | |

При выполнении работ оператор соблюдает выполнение правил безопасности, изложенные в РЭ и в инструкции по эксплуатации и обслуживанию крана.

По окончании работы оператор ставит кран на место стоянки у посадочной площадки, устанавливает командоконтроллеры в нулевое положение, убирает из замка ключ-марку и отключает рубильник вводного устройства.

По окончании смены оператор сдает кран своему сменщику, делает в вахтенном журнале соответствующую запись.

В случае замеченных неполадок в работе крана оператор ставит в известность администрацию и своего сменщика для своевременного принятия мер.

Действия в экстремальных ситуациях:

При резком падении напряжения, а также полном прекращении подачи электроэнергии, устанавливаются командоконтроллеры в нулевое положение, убирается из замка ключ марка и отключается рубильник вводного устройства.

При сейсмическом воздействии кран обесточивается от общеобъектовых сейсмодатчиков. Самопроизвольная последующая подача электроэнергии исключена системой блокировок.

При отключении крана на длительное время предусмотрены съемные устройства (башмаки) для закрепления тележки и крана в месте отстоя, с целью исключения их перемещения при сейсмических воздействиях.

| | | | |
|------|------|----------------|-----------|
| Изм. | №под | Подпись и дата | Взам.инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | №дог. | Подпись | | ДП110-03.480061 ПЗ | 55 |
| | | | | | | | |

6 Безопасность и экологичность проекта

В данном разделе рассмотрим все опасные и вредные факторы воздействующие на машиниста крана.

6.1 Значение обеспечение безопасности труда

Улучшение условий труда и обеспечение его безопасности являются одним из важнейших средств достижения главной социально-экономической задачи — неуклонного подъема материального и культурного уровня жизни народа. Чем благоприятнее и безопаснее условия труда, тем лучше сохраняются здоровье и жизнь работающих, а труд делается привлекательнее и все более становится потребностью. Вместе с тем повышается производительность труда, успешнее выполняются производственные задания.

Безопасность профессиональной деятельности работающих на предприятиях, во многом зависит от условий труда, определяемых характером трудового процесса и производственной обстановкой. Анализ показывает, что трудовая деятельность основных категорий работников складов, транспортных цехов и др. сопряжена с воздействием неблагоприятных микроклиматических условий, неравномерной рабочей нагрузки в течение дня, недели, месяца, сезонов года, негативных факторов, связанных со статико-динамическим, физическим и психоэмоциональным напряжением, выполнением работ по перевозке, погрузке и разгрузке различных товаров.

Таким образом, можно сказать, что система охраны труда является не только социально значимой, в контексте защиты каждого человека, но и имеет большую экономическую важность, так как содействует всей мировой

| | |
|---------|---------|
| Имя | Имя |
| Подпись | Подпись |
| Дата | Дата |

| | | | | | | |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | Номер | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 56 |
|------|------|------|-------|---------|--------------------|----|

экономике в решении главной дилеммы: наиболее рационального
расходования ресурсов для удовлетворения имеющихся потребностей

6.2 Нормативная основа

В соответствии со ст. 5 ТК РФ «Регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений в соответствии с Конституцией РФ, федеральными конституционными законами осуществляется:

- указами Президента РФ;
- нормативными правовыми актами исполнительной власти субъектов РФ;
- нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права:
- постановлениями Правительства РФ и нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти;
- трудовым законодательством (включая законодательство об охране труда), состоящим из Трудового кодекса, иных федеральных законов и законов субъектов РФ, содержащих нормы трудового права;

6.3 Характеристика объекта

Изготовление металлических конструкций на заводе складывается из ряда технологических процессов, для выполнения которых организуются цех основного производства . К ним относятся цех подготовки металла со складом, цех обработки деталей, склад полуфабрикатов, сборно-сварочные цеха, цех контрольной сборки, малярно-погрузочный цех со складом готовой продукции.

В цехе подготовки металла осуществляются разгрузка, сортировка, маркировка, правка, складирование, хранение и выдача металлопроката. Кроме того, здесь проводятся приемка и хранение обрезов и деловых отходов, выдача деловых отходов, разделка обрезов и отгрузка металлолома, проводят очистку металлопроката от коррозии и окалины на специальных установках, резку профильной стали на заготовки, а также предварительную стыковку листовой стали.

В цехе обработки выполняются операции по изготовлению деталей из металлопроката, поступающего из цеха подготовки.

В цехе выполняются следующие операции:

- токарные;
- горизонтально – расточные;
- фрезерно – расточные;

Оборудование установленное в цехе:

- токарный станок;
- фрезерный станок;
- сверлильные станки;
- шлифовальный станок;
- расточные станки.

6.4 Микроклимат и условия его обеспечения

Метеорологические условия или микроклимат в производственных условиях определяется действующими на человека сочетаниями температуры воздуха, скорости его движения на рабочем месте и относительной влажности. Для хорошей физиологической деятельности организма и работоспособности человека необходимо их оптимальное сочетание в зависимости от энергетических затрат при выполнении работы и времени года. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 оптимальные и

| | | | | | | | |
|--|----------------|------|-----|---------|--|--------------------|----|
| Изм. №под | Подпись и дата | | | | | Взам инв | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| <p>Метеорологические условия или микроклимат в производственных условиях определяется действующими на человека сочетаниями температуры воздуха, скорости его движения на рабочем месте и относительной влажности. Для хорошей физиологической деятельности организма и работоспособности человека необходимо их оптимальное сочетание в зависимости от энергетических затрат при выполнении работы и времени года. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 оптимальные и</p> | | | | | | | |
| | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | 58 |
| | | | | | | | |
| Изм | Кол | Лист | №до | Подпись | | | |

допустимые нормы микроклимата выбираются согласно с тяжестью работ. Микроклимат производственных помещений достигается путем отопления и приточной вентиляции.

Действующими нормативными документами, регламентирующими условиями, являются:

ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ " Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ".

Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений при относительной влажности воздуха в диапазоне 15...75% приведены в таблице 6.4

Таблица 6.4 – параметры микроклимата рабочей зоны

| Сезон года | Категория работ | Температура, °С | | | Скорость движения воздуха, м/с | |
|------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| | | воздуха | | поверхностей | Ниже оптим. | Выше оптим. |
| | | Ниже оптим. | Выше оптим. | | | |
| Холодный | Легкая-Ia | 20÷21 | 24÷25 | 19÷26 | не более 0,1 | 0,1÷0,2 |
| | Легкая-Iб | 19÷20,9 | 23,1÷24 | 18÷25 | | |
| Теплый | Легкая-Ia | 21÷22,9 | 25,1÷28 | 26 | не более 0,1 | 0,1-0,4 |
| | Легкая-Iб | 20÷21,9 | 24,1÷28 | 25 | | |

Кабины оборудуются отопительными приборами, приборами принудительной вентиляции или кондиционерами.

При механической вентиляции кабины свежий воздух подают в кабину через потолочный плафон или через специальный воздуховод. Чтобы исключить обдув машиниста сосредоточенным потоком воздуха, применяют воздухораспределительные решетки с регулируемыми направляющими лопастями или распределяют воздух по кабине веерными струями.

В остеклении закрытой кабины устроены открывающиеся фрамуги для естественной вентиляции кабины и для более удобной протирки наружной поверхности стекол. Площадь остекления кабины выбирается большой. Чтобы в кабину поступало малое количество теплоты, для остекления кабин применяют теплопоглощающие и теплоотражающие стекла. Теплопоглощающие стекла имеют темную окраску, а теплоотражающие — состоят из двух листовых стекол, соединенных вместе, причем наружное — зеркальное с напыленным слоем окисла металла. Нижние стекла кабины защищены металлической решеткой.

На рабочем месте машиниста определяется состоянием воздушной среды помещения, в котором установлен кран. Поскольку по степени тяжести выполняемой работы работа машиниста может быть отнесена к категории легких физических работ с энергозатратами до 172 Дж/с, то оптимальными метеорологическими условиями на рабочем месте машиниста в открытой кабине управления являются следующие: температура (+19) —(+25) °С, относительная влажность — не более 75%, скорость движения воздуха — не более 0,2 м/с.

6.5 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003 при подъеме и перемещении грузов мостовым краном возможны следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, падение груза, обрыв и падение грузозахватного органа, обрыв стропов или

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|------------|--|---------|--|--------------------|--|--|--|--|----|--|
| Изм. №под | Подпись и дата | Взам. инв. | 6.5 Анализ опасных и вредных производственных факторов | | | | | | | | | |
| | | | Согласно ГОСТ 12.0.003 при подъеме и перемещении грузов мостовым краном возможны следующие опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, падение груза, обрыв и падение грузозахватного органа, обрыв стропов или | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | | | | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Изм. | Код | Пис | №до | Подпись | | | | | | | | |

6.6 Расчет искусственного освещения

На данном участке производство работ осуществляется в течении 24 часов, поэтому используется совмещенное освещение, которое предусматривает использование искусственного освещения в темное время суток. По всей площади пролета прикреплены лампы типа ПКН.

Необходимый световой поток одной лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E * K'_3 * S_{\text{п}} * Z_{\text{н}}}{N_{\text{с}} * n_{\text{л}} * \eta},$$

где $E=300$ – нормируемая освещенность;

K'_3 – коэффициент запаса для ламп;

$S_{\text{п}}=1800 \text{ м}^2$ – площадь цеха;

$Z_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности освещения;

$N_{\text{с}}$ – количество ламп, шт.;

$n_{\text{л}}=1$ шт. – число ламп в светильнике;

η – коэффициент использования светового потока, для определения которого необходимо вычислить индекс перемещения i по формуле:

$$i = \frac{b \times l}{h \times (b + l)},$$

где b – ширина цеха: $b=30 \text{ м}$;

l – длина цеха: $l=60 \text{ м}$;

h – высота подвеса над рабочей поверхностью лампы: $h=4 \text{ м}$.

Для ламп принимаем ПКН $K'_3=1,5$; $Z_{\text{н}}=1,1$.

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Световой поток одного светильника, при использовании ламп ПКН 250 Вт, равен 13000 лк.

Индекс перемещения:

$$i = \frac{30 \cdot 60}{4 \cdot (30 + 60)} = 5.$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 49\%$.

Определяем необходимое число светильников N_c :

$$N_c = \frac{E \cdot K'_z \cdot S_n \cdot Z_n}{\Phi_n \cdot n_d \cdot \eta},$$

$$N_c = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 1800 \cdot 1,1}{13000 \cdot 1 \cdot 0,49} \approx 140 \text{ шт.}$$

Принимаем для освещения участка 140 штук ламп ПДК-250, которые размещены по периметру участка. Это позволит улучшить параметры производственного освещения путем изменения типа используемых ламп и приведёт к значительному снижению зрительной нагрузки на машиниста.

6.7 Пожарная безопасность

Пожары наносят громадный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе.

| | | | | |
|-----|---------|------|------|-----|
| Имя | Подпись | Дата | Взам | инв |
| Имя | Подпись | Дата | Взам | инв |
| Имя | Подпись | Дата | Взам | инв |

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|---------|--------------------|----|
| Изм | Кол | Лис | Нодр | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 63 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

Класс помещения цеха по функциональной пожарной опасности в зависимости от назначения – Ф5.1.

Категория помещения цеха по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с СП 12.13130.2009 – Д (пониженная пожароопасность).

Возможные классы пожаров – А (горение твердых веществ) и Е (горение электроустановок, находящихся под напряжением).

Степень огнестойкости – II. Расход воды на наружное пожаротушение – 10 л/с, на внутреннее – 5 л/с.

Для помещений категории Д расстояние от возможного очага пожара до места размещения углекислотных огнетушителей не должно превышать 70 м.

Для подачи вручную сигнала тревоги на станцию пожарной сигнализации ручные пожарные извещатели установлены вдоль эвакуационных путей, в коридорах, у выходов из помещения цеха на расстоянии не более 50 м друг от друга.

Система оповещения персонала – звуковая.

Количество эвакуационных выходов – 2 (из помещения цеха непосредственно наружу).

Расстояние от наиболее удаленной точки помещения с инженерным оборудованием до эвакуационного выхода из цеха – 95 м.

| | | | | | |
|------|---|-----|---------|--------|------------|
| Изм. | № | под | Подпись | и дата | Взам. инв. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 64 |
| | | | | | | |

| | | |
|-----------|----------------|------------|
| Инв. №под | Подпись и дата | Взам. инв. |
|-----------|----------------|------------|

Целью данного раздела является экономические обоснование проведения модернизации механизмов передвижения крана, передвижения тележки и механизма подъема с учетом требований НП-043-11, расчет себестоимости проектируемого объекта, расчет трудоемкости технического обслуживания и трудоемкости ремонтов.

Актуальность темы дипломного проекта заключается в модернизации механизма передвижения крана г.п. 30 т. с учетом правил НП-043-1. В качестве аналога был выбран мостовой кран г.п. 30 т. Рассчитан кран мостовой электрический г.п. 30 т, сохранив те же параметры, что и в аналоге. Эта модернизация позволяет повысить срок службы механизмов крана, за счет их замены. Кран мостовой электрический г.п. 30 соответствует показателям надежности:

- коэффициент готовности – 0,996;
- установленный ресурс до капитального ремонта – 8 лет;
- полный установленный срок службы крана (до списания) – 45 лет;
- наработка на отказ – не менее 2000 часов;
- среднее время восстановления – не более 8 часов;
- профилактический осмотр и мелкий ремонт 1 раз в год во время ППР блока;

– удельная суммарная оперативная трудоемкость технического обслуживания $S_{Т.О.} – 90$ чел.ч/год;

– удельная суммарная оперативная трудоемкость ремонтов $S_p – 130$ чел.ч/год.

Подтверждение установленных показателей надежности методом статической обработки эксплуатационной информации, полученной в результате многолетнего сбора информации о выявленных неисправностях деталей и узлов при эксплуатации кранов. Обработанные данные получены с ЗАО «Сиб-Тяжмаш» во время прохождения производственной практики.

Расчет выполнен на базе ГОСТ 27.002-89, ГОСТ 27.003-90, ГОСТ 16468-79, стандартов отрасли краностроения (ОСТ 24.190.02-83, ОСТ 24.190.03-83).

Коэффициент готовности:

$$K_r = \frac{1}{1 + t_y}, \quad (7.1)$$

где t_y – удельная суммарная продолжительность устранения отказов.

$$t_y = \frac{1}{1 + \frac{t_{y.o}}{T}}, \quad (7.2)$$

где $t_{y.o}$ – продолжительность устранения отказов;

T – наработка.

В качестве аналога для расчета K_r был выбран мостовой кран общего назначения режима работы 5К. В течение непрерывного наблюдения за

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 66 |
| | | | | | | |

работой крана (19 месяцев) на одном из постоянно действующих опорных пунктов по сбору эксплуатационной информации были получены данные:

- наработка за 19 месяцев $T=10400$ часов;
- продолжительность устранения внезапных отказов $t_{y.o}=22$ часа.

$$K_r = \frac{1}{1 + \frac{22}{10400}} = 0,998 > 0,996.$$

Коэффициент готовности больше заданного.

$$K_r = 0,997 > R = 0,996,$$

где R – установленное значение.

Наработка на отказ:

$$T_o = \frac{T}{n_i}, \quad (7.3)$$

где n_i – количество отказов за наработку T и N кранам;

Так как показатель относится к разряду индивидуальных, то из N значений выбирается минимальное $T_{o_{min}}$.

Наработка на отказ крана относится к видам отказов, следствием которых является невозможность выполнений функций по транспортировке груза.

Не учитываются отказы:

- вызванные мелкими неисправностями, устранение которых проводит обслуживающий персонал при трудозатратах не более 1 чел.·час;

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 67 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

- подлежащие устранению при плановых технических обслуживаниях;
- зависимые отказы;
- явившиеся следствием нарушения требований по установке, монтажу, эксплуатации и ремонту, предусмотренных эксплуатационной документацией крана, НП 043-11, ПБ10-382-00 и др.

Расчет показателя T_o выполнен на основе анализа имеющейся информации по отказам кранов общего назначения режима работы 5К, полученной с одного из опорных пунктов по сбору эксплуатационной информации, где эксплуатировались эти краны.

Расчет значения показателя T_o по данным форм по сбору эксплуатационной информации представлен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчет значения показателя T_o

| Порядковый № крана | Период наблюдения, мес. | Наработка за период набл. T , час | Количество учитываемых отказов, n | Наработка на отказ $T_o = \frac{T}{n}$ |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | 7 | 3500 | - | >3500 |
| 2 | 7 | 3500 | 1 | 3500 |
| 3 | 7 | 3500 | 1 | 3500 |
| 4 | 7 | 3500 | 1 | 3500 |
| 5 | 7 | 3500 | - | >3500 |

Из полученных значений принимаем минимальное, т.к. показатель относится к разряду индивидуальных.

Тогда наработка на отказ для крана г.п. 30 т. составит:

$T_o = 3500$ час.

$T_o = 3500$ час. $> R = 2000$ час.

Среднее время восстановления:

$$t_{с.в.} = \frac{\sum t_B}{n}, \quad (7.4)$$

| | | | | |
|------|---|-------|----------------|------------|
| Изм. | № | подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | | | |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Кол. | Лис. | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 68 |
|------|------|------|--------|---------|--------------------|----|

где Σt_B – суммарное время устранения всех отказов;

n – количество всех отказов.

Для определения показателя использована информация с опорного пункта об эксплуатации крана общего назначения г.п. 80/20-40-5К. Проанализирована ежемесячно поступавшая информация в форме опросных листов.

Результаты анализа показали, что за три года работы крана произошло 146 внезапных отказов. Время устранения каждого из отказов занимало от 0,2 до 5,0 часов. Суммарное время устранения всех отказов составляло 195,5 часов. Среднее время восстановления составит:

$$t_{c.B.} = \frac{195,5}{146} = 1,43 < 8 \text{ час.}$$

Установленный ресурс до капитального ремонта $T_{P.K.}$:

$$T_{P.K.} = \frac{T_{K.P.} \cdot T_{\Gamma}}{\Sigma T_{\Gamma}}, \quad (7.5)$$

где $T_{K.P.}$ – срок службы крана до капитального ремонта;

T_{Γ} – наработка за год;

ΣT_{Γ} – суммарное время наработки крана за год.

В качестве аналогов для оценки установленного ресурса до капитального ремонта приняты мостовые краны общего назначения. С мест эксплуатации были получены данные, представленные в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные для расчета показателя $T_{P.K.}$

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|-------|------|------|------|--------------------|---|-------|------|------|------|
| Изм. | № | Подп. | Дата | Взам | инв. | ДП110-03.480061 ПЗ | | | | | 69 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Изм. | № | Подп. | Дата | Взам | инв. | Изм. | № | Подп. | Дата | Взам | инв. |

| Порядковый номер крана | Срок службы до капитального ремонта Т _{Р.К.} , лет | Наработка за год, час | Наработка до капитального ремонта, час. |
|--|---|-----------------------|---|
| Режим работы 5К | | | |
| 1 | 7,92 | 6552 | 51892 |
| 2 | 7,75 | 5136 | 39804 |
| 3 | 21 | 7380 | 154980* |
| 4 | 9 | 6384 | 57456 |
| 5 | 9 | 5004 | 45036 |
| 6 | 20,75 | 5928 | 123006 |
| 7 | 13,33 | 2400 | 31990 |
| 8 | 10,92 | 3332 | 36385 |
| 9 | 11,92 | 3332 | 39717* |
| 10 | 11,75 | 3332 | 39151* |
| 11 | 10,85 | 2920 | 30894* |
| 12 | 11 | 3332 | 30894* |
| 13 | 10,67 | 3332 | 36652 |
| 14 | 10 | 3640 | 36400 |
| 15 | 14 | 3840 | 53760 |
| 16 | 10,33 | 3332 | 34420* |
| 17 | 9,58 | 6048 | 57940* |
| 18 | 8,92 | 7296 | 65080* |
| 19 | 9 | 6816 | 61344* |
| | | | |
| | | | |
| 0 | 9,33 | 3708 | 34596* |
| 21 | 9,17 | 7620 | 68875* |
| 22 | 8,75 | 7200 | 63000* |
| 23 | 7,67 | 6648 | 50990* |
| 24 | 7 | 5136 | 35952* |
| 25 | 4,58 | 6840 | 31327* |
| Режим работы крана 6К | | | |
| 26 | 6,83 | 7116 | 48603 |
| 27 | 10,17 | 7656 | 77862 |
| 28 | 10,08 | 7476 | 75358 |
| 29 | 11,33 | 8030 | 90980* |
| 30 | 11,5 | 8030 | 92345* |
| Продолжение таблицы 7.2– Исходные данные для расчета показателей Т _{Р.К.} и Т _{П.} | | | |
| Порядковый номер крана | Срок службы до капитального | Наработка за год, час | Наработка до капитального |

| | | | | | | | |
|-----|---------|------|------|-----|---------|------|------|
| Имя | Подпись | Дата | Взам | Имя | Подпись | Дата | Взам |
| | | | | | | | |

| | ремонта $T_{p.k.}$, лет | | ремонта, час. |
|----|--------------------------|------|---------------|
| 32 | 9,33 | 3924 | 36611* |
| 33 | 11,17 | 7980 | 87780* |
| 34 | 8,83 | 8760 | 77351* |
| 35 | 8,92 | 7848 | 70004* |
| 36 | 7,83 | 4224 | 33074* |
| 37 | 7,17 | 8640 | 39571 |
| 38 | 7,58 | 8640 | 65491 |
| 39 | 7,83 | 7488 | 58631* |
| 40 | 7,17 | 4536 | 32523* |
| 41 | 8,17 | 7692 | 62844* |
| 42 | 7,67 | 7548 | 57895* |
| 43 | 8 | 7548 | 60384* |
| 44 | 7,83 | 4224 | 33074* |
| 45 | 7,83 | 6720 | 52816* |

*Примечание: во время заполнения опросных листов капитальных ремонтов не было.

Принимаем минимальные значения срока службы до капитального ремонта: для кранов работы 5К - 7,75 лет, для кранов с режимом работы 6К - 4,58 лет. Модернизируемый кран, в отличии от аналогов имеет значительно меньшее использование по времени.

Если принять, что кран работает два месяца в год при коэффициенте использования 0,4, получим суммарное время наработки за год примерно 600 часов.

Принимая условие до ориентировочного равенства наработок до капитальных ремонтов, имеем:

– если аналогом является кран №2 с режимом работы 5К:

$$T_{p.k.} = \frac{7,75 \cdot 5136}{600} = 66 > 8 \text{ лет.}$$

– если аналогом является кран №37 с режимом работы 6К:

$$T_{p.k.} = \frac{4,58 \cdot 8640}{600} = 66 > 8 \text{ лет.}$$

Соотношение между полученным и исходным значениями $T_{p.k.}$ выполнено со значительным запасом.

При проведении ранее испытаний на надежность кранов общего назначения определяется также показатель срока службы до списания – $T_{c.п.}$

Данные по показателю $T_{c.п.}$ приведены в таблице 7.3. Из приведенных видно, что для кранов режимов работы 5К срок службы до списания был, 24, 48 и 33 года, для кранов режима работы 6К – 27,25 и 27,75 лет, а кран №6 продолжал работать эксплуатироваться после 34,75 лет.

Таблица 7.3 – показатели по определению сроков службы кранов общего назначения

| Порядковый номер крана | Срок службы до списания, лет | Наработка за год, час | Наработка до списания, час |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Режим работы 5К | | | |
| 1 | 33 | 3650 | 120450 |
| 2 | 28 | 2920 | 81760 |
| 3 | 34 | 3650 | 87600 |
| 4 | 26,42* | 8760 | 231430* |
| 5 | 30* | 6720 | 201600* |
| Режим работы крана 6К | | | |
| 6 | 34,75* | 5240 | 182090 |
| 7 | 31,75* | 5240 | 166370* |
| Продолжение таблицы 7.3 | 31,75* | 5240 | 166370* |
| Порядковый номер крана | Срок службы до списания, лет | Наработка за год, час | Наработка до списания, час |

| | | | |
|----|--------|------|---------|
| 9 | 28,75* | 5250 | 150938* |
| 10 | 31,75* | 5000 | 158750* |
| 11 | 28,75* | 5250 | 150938* |
| 12 | 30,75* | 4430 | 136223* |
| 13 | 30,75* | 4430 | 136223* |
| 14 | 27,25 | 4320 | 117720 |
| 15 | 27,25 | 4320 | 119880 |

*Примечание: при заполнение опросных листов краны продолжали работать

Учитывая, что на кране г.п. 30 т. наработка за год значительно ниже, чем на сравниваемых кранах общего назначения, то возможно принять полный установленный срок службы до списания $T_{СП}=45$ лет. При этом эксплуатация крана должна производиться в строгом соответствии с повышенными требованиями руководства по эксплуатации крана, паспортов, инструкции и ТУ на комплектующие изделия.

Показатели трудоемкости технического обслуживания и ремонтов принимаем экспериментальным путем, исходя из опыта эксплуатации кранов в цехе

Кроме того, для подтверждения показателей использованы результаты ранее проведенного расчета показателя $S_{Т.О.}$, полученные при обработке материалов испытаний на надежность кранов общего назначения производства «Сибтяжмаш». Исходные данные для расчета показателя были взяты из опросных листов по сбору эксплуатационной информации, регулярно поступающей с постоянно действующих опорных пунктов. Использовались данные по кранам режимов работы 5К и 6К.

В результате расчета были получены следующие значения показателей: – для кранов режима работы 5К - $S_{Т.О.}=0,024$ чел.час/час;

– для кранов режима работы 5К - $S_{Т.О.}=0,037$ чел.час/час.

$S_{p.кп}$ - удельная суммарная оперативная трудоемкость капитальных ремонтов.

В результате расчета были получены следующие значения показателей, связанных с распределением S_p :

– для кранов режима работы 5К: $S_{p.т.}=0,087$ чел.·час/час; $S_{p.кп}=0,031$ чел.·час/час; $S_p = 0,118$ чел.·час/час;

– для кранов режима работы 6К: $S_{p.т.}=0,132$ чел.·час/час; $S_{p.кп}=0,014$ чел.·час/час; $S_p = 0,146$ чел.·час/час;

При годовой наработке крана мостового электрического г.п. 30 т равна 600 час., имеем:

– если аналогом являются краны общего назначения с режимом работы 5К:

$$S_p=0,118 \cdot 600=70,8 < 130 \text{ чел.·час/год.}$$

– если аналогом является краны общего назначения с режимом работы 6К:

$$S_p=0,146 \cdot 600=87,6 < 130 \text{ чел.·час/год.}$$

Соотношение между полученным и требуемым значениями выполняется.

Выполненные расчеты показывают, что реализованные в конструкции крана г.п. 30 отработанные технические решения полностью обеспечивают показатели надежности и долговечности.

7.2 Расчет экономической эффективности

| | | | |
|------|---------|----------------|------------|
| Изм. | № подп. | Подпись и дата | Взам. инв. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | | | | | |
|------|-----|------|--------|---------|--------------------|----|
| Изм. | Код | Лист | № док. | Подпись | ДП110-03.480061 ПЗ | 75 |
| | | | | | | |

| | | |
|------------|----------------|------------|
| Инв. №под. | Подпись и дата | Взам. инв. |
|------------|----------------|------------|

| | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|---------|--|--------------------|
| | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ |
| | | | | | | |
| Изм | Код | Лист | №до | Подпись | | |

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

79

$$\frac{\partial}{\partial H''} \cdot 100\%, \quad (7.13)$$

$$\frac{3283745}{2706830} \cdot 100\% = 12,1\%$$

Таким образом модернизация механизмов передвижения крана, тележки, механизма подъема г.п. 30 т. с учетом требований НП-043-11 для крана мостового г.п. 30 т является эффективнее на 12,1%. Увеличивается срок службы механизмов крана, повышенная электромонтажная готовность.

| | | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--------------------|----|
| Инв. №под | | | | | | ДП110-03.480061 ПЗ | 80 |
| | | | | | | | |
| Подпись и дата | | | | | | | |
| Взам. инв. | | | | | | | |

Список использованных источников

1. Технический регламент таможенного союза. О безопасности машин и оборудования. ТР ТС 010/2011.[Электронный ресурс]:тех. регламент от 18.10.2011 № 823. // Справочная правовая система «TehReg». – Режим доступа: http://www.tehreg.ru/TP_TC/TP_TC.htm
2. Данилкин, И.Е. Устройство и эксплуатация рихтовочных и выправочных машин: изд. / Башарин А.И., Ершова К.Б.. – Москва, Изд-во «Транспорт» 1986. – 202 с.
3. Андреев, А.Ф.. Гидро-пнеumo- автоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмомашины и передачи. / Л.В. Барташевич, –Изд-во «Высшэйшая школа», 1987.–205 с.
4. Марон, Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. / Ф. Л. Марон, А. В. Кузьмин. – 2-е изд., перераб. и доп.-Мн.: Высш. шк., 1983.– 350 с.
5. Киселев, В.А.Методические рекомендации по курсовому по курсу “Портовые подъемно-транспортные машины” /В. П.Захарцев, – Москва.; 2002. – 54 с.
6. Гохберг, М. М. Справочник по кранам. Т.2”Машиностроение” 1988. – 320 с.
7. Зубченко, А. С.Людиновское производственное объединение “Агрегатный завод. Марочник сталей и сплавов”, 1987.– 148 с.
8. Зубченко, М. М. Колосков, Ю.В. Каширский. 2-изд., доп. и испр. Под общ.ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. 784 с.
9. Каталог «Редукторы крупногабаритные». Санкт-Петербург 2005.
10. Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/8/8826/index.htm>
11. Александров, М. П. Грузоподъемные машины. Учебник для вузов / М. П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
12. Гохберг, М. М. Справочник по кранам. Т.1”Машиностроение” 1988. –340 с.
13. Васильев, С. И. Основы промышленной безопасности. Учеб. Пособие / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. – Красноярск, ИПК СФУ, 2012. –79 с.
14. Режим доступа: <http://www.pulscen.ru/predl/equipment/particular/hydraulics>
15. Режим доступа: <http://www.pulscen.ru/predl/equipment/machelectro/electrical>